

BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND

**PRIORITY
DOCUMENT**

SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH RULE 17.1(a) OR (b)



REC'D 21 MAY 2004

WIPO

PCT

Prioritätsbescheinigung über die Einreichung einer Patentanmeldung

Aktenzeichen:

103 14 759.4

Anmeldetag:

31. März 2003

Anmelder/Inhaber:

BASF Plant Science GmbH, 67056 Ludwigshafen/DE

Bezeichnung:

Neue pflanzliche Acyltransferasen spezifisch für
langkettige mehrfach ungesättigte Fettsäuren

IPC:

C 12 N 15/63

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 22. März 2004
Deutsches Patent- und Markenamt
Der Präsident
Im Auftrag

Ebert

Patentansprüche

1. Verfahren zur Herstellung mehrfach ungesättigter Fettsäuren in einem - Organismus, dadurch gekennzeichnet, dass das Verfahren folgende Schritte - umfasst:

- 5 a) Einbringen mindestens einer Nukleinsäuresequenz in den Organismus mit der in SEQ ID NO: 1, SEQ ID NO: 3, SEQ ID NO: 4, SEQ ID NO: 6, SEQ ID NO: 7, SEQ ID NO: 9, SEQ ID NO: 11, SEQ ID NO: 13, SEQ ID NO: 14, SEQ ID NO: 16, SEQ ID NO: 18 oder SEQ ID NO: 20 dargestellten Sequenz, die für ein Polypeptid mit einer Lysophosphatidsäure Acyltransferase-Aktivität codiert; oder
- 10 b) Einbringen mindestens einer Nukleinsäuresequenz in den Organismus mit der in SEQ ID NO: 22, SEQ ID NO: 24 oder SEQ ID NO: 26 dargestellten Sequenz, die für ein Polypeptid mit einer Glycerin-3-phosphat Acyltransferase-Aktivität codiert; oder
- 15 c) Einbringen mindestens einer Nukleinsäuresequenz in den Organismus mit der in SEQ ID NO: 28, SEQ ID NO: 30 oder SEQ ID NO: 32 dargestellten Sequenz, die für ein Polypeptid mit einer Diacylglycerin Acyltransferase-Aktivität codiert; oder
- 20 d) Einbringen mindestens einer Nukleinsäuresequenz in den Organismus mit der in SEQ ID NO: 34 oder SEQ ID NO: 36 dargestellten Sequenz, die für ein Polypeptid mit einer Lecithin Cholesterin Acyltransferase-Aktivität - codiert; oder
- 25 e) Einbringen mindestens einer Nukleinsäuresequenz in den Organismus, die sich als Ergebnis des degenerierten genetischen Codes von den in SEQ ID NO: 1, SEQ ID NO: 3, SEQ ID NO: 4, SEQ ID NO: 6, SEQ ID NO: 7, SEQ ID NO: 9, SEQ ID NO: 11, SEQ ID NO: 13, SEQ ID NO: 14, SEQ ID NO: 16, SEQ ID NO: 18, SEQ ID NO: 20, SEQ ID NO: 22, SEQ ID NO: 24, SEQ ID NO: 26, SEQ ID NO: 28, SEQ ID NO: 30, SEQ ID NO: 32, SEQ ID NO: 34 oder SEQ ID NO: 36 enthaltenden codierenden Sequenz ableiten lässt, oder
- 30 f) Einbringen mindestens eines Derivates der in SEQ ID NO: 1, SEQ ID NO: 3, SEQ ID NO: 4, SEQ ID NO: 6, SEQ ID NO: 7, SEQ ID NO: 9, SEQ ID NO: 11, SEQ ID NO: 13, SEQ ID NO: 14, SEQ ID NO: 16, SEQ ID NO: 18, SEQ ID NO: 20, SEQ ID NO: 22, SEQ ID NO: 24, SEQ ID NO: 26, SEQ ID NO: 28, SEQ ID NO: 30, SEQ ID NO: 32, SEQ ID NO: 34 oder SEQ ID NO: 36 dargestellten - Nukleinsäuresequenz in den Organismus, die für Polypeptide mit der in SEQ ID NO: 2, SEQ ID NO: 5, SEQ ID NO: 8, SEQ ID NO: 10,
- 35

5
10
15
20
25
30
35
40

SEQ ID NO: 12, SEQ ID NO: 15, SEQ ID NO: 17, SEQ ID NO: 19, SEQ ID NO: 21, SEQ ID NO: 23, SEQ ID NO: 25, SEQ ID NO: 27, SEQ ID NO: 29, SEQ ID NO: 31, SEQ ID NO: 33, SEQ ID NO: 35 - oder SEQ ID NO: 37 dargestellten Aminosäuresequenz codieren und - mindestens 40 % Homologie auf Aminosäureebene mit SEQ ID NO: 2, SEQ ID NO: 5, SEQ ID NO: 8, SEQ ID NO: 10, SEQ ID NO: 12, SEQ ID NO: 15, SEQ ID NO: 17, SEQ ID NO: 19, SEQ ID NO: 21, SEQ ID NO: 23, SEQ ID NO: 25, SEQ ID NO: 27, SEQ ID NO: 29, SEQ ID NO: 31, SEQ ID NO: 33, SEQ ID NO: 35 oder SEQ ID NO: 37 aufweisen und eine äquivalente Lysophosphatidsäure Acyltransferase-Aktivität, Glycerin-3-phosphat Acyltransferase-Aktivität, Diacylglycerin - Acyltransferase-Aktivität oder Lecithin Cholesterin Acyltransferase-Aktivität aufweisen, und

g) kultivieren und ernten des Organismus.

- 15 2. Verfahren zur Herstellung mehrfach ungesättigter Fettsäuren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass zusätzlich zu den unter (a) bis (f) genannten - Nukleinsäuresequenzen weitere Nukleinsäuresequenzen in den Organismus eingebracht wurden, die für Polypeptide des Fettsäure- oder Lipidstoffwechsels ausgewählt aus der Gruppe Acyl-CoA-Dehydrogenase(n), Acyl-ACP[= acyl - carrier protein]-Desaturase(n), Acyl-ACP-Thioesterase(n), Fettsäure-Acyl-Transferase(n), Acyl-CoA:Lysophospholipid-Acyltransferase(n), Fettsäure-Synthase(n), Fettsäure-Hydroxylase(n), Acetyl-Coenzym A-Carboxylase(n), - Acyl-Coenzym A-Oxidase(n), Fettsäure-Desaturase(n), Fettsäure-Acetylenase(n), Lipoxygenase(n), Triacylglycerol-Lipase(n), Allenoxid-Synthase(n), Hydroperoxid-Lyase(n) oder Fettsäure-Elongase(n) codieren.
- 30 3. Verfahren zur Herstellung mehrfach ungesättigter Fettsäuren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass zusätzlich zu den unter (a) bis (f) genannten Nukleinsäuresequenzen weitere Nukleinsäuresequenzen in den Organismus eingebracht wurden, die für Polypeptide codieren ausgewählt aus der Gruppe Acyl-CoA:Lysophospholipid-Acyltransferase, Δ -4-Desaturase, Δ -5-Desaturase, Δ -6-Desaturase, Δ -8-Desaturase, Δ -9-Desaturase, Δ -12-Desaturase, Δ -5-Elongase, Δ -6-Elongase oder Δ -9-Elongase.
- 35 4. Verfahren zur Herstellung mehrfach ungesättigter Fettsäuren nach den - Ansprüchen 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass es sich bei den hergestellten mehrfach ungesättigten Fettsäuren um C₁₈-, C₂₀-, C₂₂- oder C₂₄-Fettsäuren - handelt.
- 40 5. Verfahren zur Herstellung mehrfach ungesättigter Fettsäuren nach den - Ansprüchen 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass die mehrfach ungesättigten Fettsäuren aus dem Organismus in Form eines Öls, Lipids oder einer freien Fettsäure isoliert werden.

6. Verfahren zur Herstellung mehrfach ungesättigter Fettsäuren nach den -
Ansprüchen 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass es sich bei den im Verfahren
hergestellten mehrfach ungesättigten Fettsäuren um C₁₈-, C₂₀-, C₂₂- oder C₂₄-
Fettsäuren mit mindestens zwei Doppelbindungen im Molekül handelt.
- 5 7. Verfahren zur Herstellung mehrfach ungesättigter Fettsäuren nach den -
Ansprüchen 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass im Verfahren eine mehrfach
ungesättigte Fettsäure ausgewählt aus der Gruppe Dihomo- γ -linolensäure, -
Arachidonsäure, Eisosapentaensäure, Docosapentaensäure und Docosa-
hexaensäure hergestellt wird.
- 10 8. Verfahren zur Herstellung mehrfach ungesättigter Fettsäuren nach den -
Ansprüchen 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass der Organismus ein Mikro-
organismus, ein nicht-humanes Tier oder eine Pflanze ist.
- 15 9. Verfahren zur Herstellung mehrfach ungesättigter Fettsäuren nach den -
Ansprüchen 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass der Organismus eine trans-
gene Pflanze ist.
10. Verfahren zur Herstellung mehrfach ungesättigter Fettsäuren nach den -
Ansprüchen 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass die transgene Pflanze eine
Ölfruchtpflanze ist.
11. Isolierte Nukleinsäuresequenz ausgewählt aus der Gruppe:
- 20 a) einer Nukleinsäuresequenz mit der in SEQ ID NO: 1, SEQ ID NO: 3,
SEQ ID NO: 4, SEQ ID NO: 6, SEQ ID NO: 7, SEQ ID NO: 9,
SEQ ID NO: 11, SEQ ID NO: 13, SEQ ID NO: 14, SEQ ID NO: 16,
SEQ ID NO: 18 oder SEQ ID NO: 20 dargestellten Sequenz,
- 25 b) Nukleinsäuresequenzen, die sich als Ergebnis des degenerierten
genetischen Codes von der in SEQ ID NO: 1, SEQ ID NO: 3,
SEQ ID NO: 4, SEQ ID NO: 6, SEQ ID NO: 7, SEQ ID NO: 9,
SEQ ID NO: 11, SEQ ID NO: 13, SEQ ID NO: 14, SEQ ID NO: 16,
SEQ ID NO: 18 oder SEQ ID NO: 20 enthaltenden codierenden Sequenz
ableiten lassen
- 30 c) Derivate der in SEQ ID NO: 1, SEQ ID NO: 3, SEQ ID NO: 4,
SEQ ID NO: 6, SEQ ID NO: 7, SEQ ID NO: 9, SEQ ID NO: 11,
SEQ ID NO: 13, SEQ ID NO: 14, SEQ ID NO: 16, SEQ ID NO: 18 oder
SEQ ID NO: 20 dargestellten Nukleinsäuresequenz, die für Polypeptide
mit der in SEQ ID NO: 2, SEQ ID NO: 5, SEQ ID NO: 8, SEQ ID NO: 10,
35 SEQ ID NO: 12, SEQ ID NO: 15, SEQ ID NO: 17, SEQ ID NO: 19 oder
SEQ ID NO: 21 dargestellten Aminosäuresequenz codieren und
mindestens 40 % Homologie auf Aminosäureebene mit SEQ ID NO: 2,
SEQ ID NO: 5, SEQ ID NO: 8, SEQ ID NO: 10, SEQ ID NO: 12,

SEQ ID NO: 15, SEQ ID NO: 17, SEQ ID NO: 19 oder SEQ ID NO: 21 aufweisen und eine Lysophosphatidsäure Acyltransferase-Aktivität aufweisen.

12. Isolierte Nukleinsäuresequenz ausgewählt aus der Gruppe:

- 5
- a) einer Nukleinsäuresequenz mit der in SEQ ID NO: 22, SEQ ID NO: 24 oder SEQ ID NO: 26 dargestellten Sequenz,
- b) Nukleinsäuresequenzen, die sich als Ergebnis des degenerierten - genetischen Codes von der in SEQ ID NO: 22, SEQ ID NO: 24 oder SEQ ID NO: 26 enthaltenden codierenden Sequenz ableiten lassen
- 10
- c) Derivate der in SEQ ID NO: 22, SEQ ID NO: 24 oder SEQ ID NO: 26 - dargestellten Nukleinsäuresequenz, die für Polypeptide mit der in SEQ ID NO: 23, SEQ ID NO: 25 oder SEQ ID NO: 27 dargestellten Aminosäuresequenz codieren und mindestens 40 % Homologie auf Aminosäureebene mit SEQ ID NO: 23, SEQ ID NO: 25 oder SEQ ID NO: 27 aufweisen und eine Glycerin-3-phosphat Acyltransferase-Aktivität aufweisen.
- 15

13. Isolierte Nukleinsäuresequenz ausgewählt aus der Gruppe:

- a) einer Nukleinsäuresequenz mit der in SEQ ID NO: 28, SEQ ID NO: 30 oder SEQ ID NO: 32 dargestellten Sequenz,
- b) Nukleinsäuresequenzen, die sich als Ergebnis des degenerierten - genetischen Codes von der in SEQ ID NO: 28, SEQ ID NO: 30 oder SEQ ID NO: 32 enthaltenden codierenden Sequenz ableiten lassen
- 20
- c) Derivate der in SEQ ID NO: 28, SEQ ID NO: 30 oder SEQ ID NO: 32 - dargestellten Nukleinsäuresequenz, die für Polypeptide mit der in SEQ ID NO: 29, SEQ ID NO: 31 oder SEQ ID NO: 33 dargestellten Aminosäuresequenz codieren und mindestens 40 % Homologie auf Aminosäureebene mit SEQ ID NO: 29, SEQ ID NO: 31 oder SEQ ID NO: 33 aufweisen und eine Diacylglycerin Acyltransferase-Aktivität aufweisen.
- 25

14. Isolierte Nukleinsäuresequenz ausgewählt aus der Gruppe:

- a) einer Nukleinsäuresequenz mit der in SEQ ID NO: 34 oder SEQ ID NO: 36 dargestellten Sequenz,
- b) Nukleinsäuresequenzen, die sich als Ergebnis des degenerierten - genetischen Codes von der in SEQ ID NO: 34 oder SEQ ID NO: 36 enthaltenden codierenden Sequenz ableiten lassen
- 30

5

- 5 c) Derivate der in SEQ ID NO: 34 oder SEQ ID NO: 36 dargestellten - Nukleinsäuresequenz, die für Polypeptide mit der in SEQ ID NO: 35 - oder SEQ ID NO: 37 dargestellten Aminosäuresequenz codieren und - mindestens 40 % Homologie auf Aminosäureebene mit SEQ ID NO: 35 - oder SEQ ID NO: 37 aufweisen und eine Lecithin Cholesterin Acyl-transferase-Aktivität aufweisen.
15. Isolierte Nukleinsäuresequenz nach einem der Ansprüche 11 bis 14, wobei die Sequenz aus einem Eukaryont stammt.
- 10 16. Aminosäuresequenz, die von einer isolierten Nukleinsäuresequenz nach einem der Ansprüche 11 bis 14 codiert wird.
17. Genkonstrukt, enthaltend eine isolierte Nukleinsäure nach einem der Ansprüche 11 bis 14, wobei die Nukleinsäure funktionsfähig mit einem oder mehreren Regulationssignalen verbunden ist.
- 15 18. Genkonstrukt nach Anspruch 17, dadurch gekennzeichnet, dass das Nukleinsäurekonstrukt zusätzliche Biosynthesegene des Fettsäure- oder Lipidstoffwechsels enthält ausgewählt aus der Gruppe Fettsäure- oder Lipidstoffwechsels ausgewählt aus der Gruppe Acyl-CoA-Dehydrogenase(n), Acyl-ACP[= acyl - carrier protein]-Desaturase(n), Acyl-ACP-Thioesterase(n), Fettsäure-Acyl-Transferase(n), Acyl-CoA:Lysophospholipid-Acyltransferase(n), Fettsäure-Synthase(n), Fettsäure-Hydroxylase(n), Acetyl-Coenzym A-Carboxylase(n), Acyl-Coenzym A-Oxidase(n), Fettsäure-Desaturase(n), Fettsäure-Acetylenase(n), Lipoxygenase(n), Triacylglycerol-Lipase(n), Allenoxid-Synthase(n), Hydroperoxid-Lyase(n) oder Fettsäure-Elongase(n).
- 20 19. Genkonstrukt nach Anspruch 17 oder 18, dadurch gekennzeichnet, dass das Nukleinsäurekonstrukt zusätzliche Biosynthesegene des Fettsäure- oder - Lipidstoffwechsels enthält ausgewählt aus der Gruppe der Acyl-CoA:Lysophospholipid-Acyltransferase, Δ -4-Desaturase, Δ -5-Desaturase, Δ -6-Desaturase, Δ -8-Desaturase, Δ -9-Desaturase, Δ -12-Desaturase, Δ -5-Elongase, Δ -6-Elongase oder Δ -9-Elongase.
- 25 20. Vektor, enthaltend eine Nukleinsäure nach den Ansprüchen 11 bis 14 oder ein Genkonstrukt nach den Ansprüchen 17 bis 19.
- 30 21. Transgener nicht-humaner Organismus, enthaltend mindestens eine Nukleinsäure nach den Ansprüchen 11 bis 14, ein Genkonstrukt nach den Ansprüchen 17 bis 19 oder einen Vektor nach Anspruch 20.
- 35 22. Transgener nicht-humaner Organismus nach Anspruch 21, wobei der - Organismus ein Mikroorganismus, ein nicht-humanes Tier oder eine Pflanze ist.

23. Transgener nicht-humaner Organismus nach Anspruch 21 oder 22, wobei der Organismus eine Pflanze ist.
24. Öl, Lipide oder Fettsäuren oder eine Fraktion davon, hergestellt durch das Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 10.
- 5 25. Öl-, Lipid- oder Fettsäurezusammensetzung, die mehrfach ungesättigter Fettsäuren hergestellt nach einem Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 10 umfasst und von transgenen Pflanzen stammt.
- 10 26. Verwendung von Öl, Lipide oder Fettsäuren hergestellt nach einem Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 10 oder Öl-, Lipid- oder Fettsäurezusammensetzung gemäß Anspruch 25 in Futter, Nahrungsmitteln, Kosmetika oder - Pharmazeutika.

Neue pflanzliche Acyltransferasen spezifisch für langkettige mehrfach ungesättigte Fettsäuren

Beschreibung

- Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung von langkettigen mehrfach ungesättigten Fettsäuren in einem Organismus, indem Nukleinsäuren in den Organismus eingebracht werden, die für Polypeptide mit Acyltransferaseaktivität codieren. Vorteilhaft können diese Nukleinsäuresequenzen gegebenenfalls zusammen mit weiteren Nukleinsäuresequenzen, die für Polypeptide der Biosynthese des Fettsäure- oder Lipidstoffwechsels codieren, in dem Organismus exprimiert werden.
- Weiterhin betrifft die Erfindung ein Verfahren zur Herstellung von Ölen und/oder Triacylglyceriden mit einem erhöhten Gehalt an langkettigen mehrfach ungesättigten Fettsäuren.

- Die Erfindung betrifft weiterhin die Nukleinsäuresequenzen, Nukleinsäurekonstrukte, Vektoren und Organismen enthaltend die erfindungsgemäßen Nukleinsäuresequenzen, Vektoren enthaltend die Nukleinsäuresequenzen und/oder die Nukleinsäurekonstrukte sowie transgene Organismen enthalten die vorgenannten Nukleinsäuresequenzen, Nukleinsäurekonstrukte und/oder Vektoren.

Ein weiterer Teil der Erfindung betrifft Öle, Lipide und/oder Fettsäuren hergestellt nach dem erfindungsgemäßen Verfahren und deren Verwendung.

- Fettsäuren und Triacylglyceride haben eine Vielzahl von Anwendungen in der Lebensmittelindustrie, der Tierernährung, der Kosmetik und im Pharmabereich. – Je nachdem, ob es sich um freie gesättigte und ungesättigte Fettsäuren oder um Triacylglyceride mit einem erhöhten Gehalt an gesättigten oder ungesättigten Fettsäuren handelt, sind sie für die unterschiedlichsten Anwendungen geeignet. Mehrfach ungesättigte ω -3-Fettsäuren und ω -6-Fettsäuren stellen dabei einen wichtigen Bestandteil der tierischen und menschlichen Nahrung dar. Aufgrund der heute üblichen Zusammensetzung der menschlichen Nahrung ist ein Zusatz von mehrfach ungesättigten ω -3-Fettsäuren, die bevorzugt in Fischölen vorkommen, zur Nahrung besonders wichtig. So werden beispielsweise mehrfach ungesättigte Fettsäuren wie Docosahexaensäure (= DHA, C22:6^{A4,7,10,13,16,19}) oder Eicosapentaensäure (= EPA, C20:5^{A5,8,11,14,17}) Babynahrung zur Erhöhung des Nährwertes zugesetzt. Der ungesättigten Fettsäure DHA wird dabei ein positiver Effekt auf die Entwicklung des Gehirns zugeschrieben.

- Im folgenden werden mehrfach ungesättigte Fettsäuren als PUFA, PUFAs, LCPUFA oder LCPUFAs bezeichnet (poly unsaturated fatty acids, **PUFA**, mehrfach ungesättigte Fettsäuren; long chain poly unsaturated fatty acids, **LCPUFA**, langkettige mehrfach ungesättigte Fettsäuren).

Hauptsächlich werden die verschiedenen Fettsäuren und Triglyceride aus Mikroorganismen wie Mortierella oder Schizochytrium oder aus Öl-produzierenden Pflanzen wie

2

Soja, Raps, Algen wie *Cryptocodinium* oder *Phaeodactylum* und weiteren gewonnen, wobei sie in der Regel in Form ihrer Triacylglyceride (= Triglyceride = Triglycerole) anfallen. Sie können aber auch aus Tieren wie z.B. Fischen gewonnen werden. Die freien Fettsäuren werden vorteilhaft durch Verseifung hergestellt. Höhere mehrfach ungesättigte Fettsäuren wie DHA, EPA, Arachidonsäure (= ARA, C20:4^{Δ5,8,11,14}), Dihomo-γ-linolensäure (C20:3^{Δ8,11,14}) oder Docosapentaensäure (DPA, C22:5^{Δ7,10,13,16,19}) lassen sich nicht aus Ölfruchtpflanzen wie Raps, Soja, Sonnenblume, Färberdistel oder anderen isolieren. Übliche natürliche Quellen für diese Fettsäuren sind Fische wie Hering, Lachs, Sardine, Goldbarsch, Aal, Karpfen, Forelle, Heilbutt, Makrele, Zander oder Thunfisch oder Algen.

Je nach Anwendungszweck sind Öle mit gesättigten oder ungesättigten Fettsäuren bevorzugt, so sind z.B. in der humanen Ernährung Lipide mit ungesättigten Fettsäuren speziell mehrfach ungesättigten Fettsäuren bevorzugt. Den mehrfach ungesättigten ω-3-Fettsäuren wird dabei ein positiver Effekt auf den Cholesterinspiegel im Blut und damit auf die Möglichkeit der Prävention einer Herzerkrankung zugeschrieben. Durch Zugabe dieser ω-3-Fettsäuren zu Nahrung kann das Risiko einer Herzerkrankung, eines Schlaganfalls oder von Bluthochdruck deutlich verringert werden. Auch entzündliche speziell chronisch entzündliche Prozesse im Rahmen immunologischer Erkrankungen wie rheumatoider Arthritis lassen sich durch ω-3-Fettsäuren positiv beeinflussen. Sie werden deshalb Lebensmitteln speziell diätischen Lebensmitteln zugegeben oder finden in Medikamenten Anwendung. ω-6-Fettsäuren wie Arachidonsäure haben bei diesen rheumatischen Erkrankungen aufgrund unserer üblichen Nahrungsmittelzusammensetzung eher einen negativen Effekt auf diese Krankheiten.

ω-3- und ω-6-Fettsäuren sind Vorläufer von Gewebshormonen, den sogenannten Eicosanoiden wie den Prostaglandinen, die sich von der Dihomo-γ-linolensäure, der Arachidonsäure und der Eicosapentaensäure ableiten, den Thromoxanen und Leukotrienen, die sich von der Arachidonsäure und der Eicosapentaensäure ableiten. Eicosanoide (sog. PG₂-Serie), die aus ω-6-Fettsäuren gebildet werden fördern in der Regel Entzündungsreaktionen, während Eicosanoide (sog. PG₃-Serie) aus ω-3-Fettsäuren geringe oder keine entzündungsfördernde Wirkung haben.

Aufgrund ihrer positiven Eigenschaften hat es in der Vergangenheit nicht an Ansätzen gefehlt, Gene, die an der Synthese von Fettsäuren bzw. Triglyceriden beteiligt sind, für die Herstellung von Ölen in verschiedenen Organismen mit geändertem Gehalt an ungesättigten Fettsäuren verfügbar zu machen. So wird in WO 91/13972 und seinem US-Äquivalent eine Δ-9-Desaturase beschrieben. In WO 93/11245 wird eine Δ-15-Desaturase in WO 94/11516 wird eine Δ-12-Desaturase beansprucht. Weitere Desaturasen werden beispielsweise in EP-A-0 550 162, WO 94/18337, WO 97/30582, WO 97/21340, WO 95/18222, EP-A-0 794 250, Stukey et al., J. Biol. Chem., 265, 1990: 20144–20149, Wada et al., Nature 347, 1990: 200–203 oder Huang et al., Lipids 34, 1999: 649–659 beschrieben. Die biochemische Charakterisierung der verschiedenen Desaturasen ist jedoch bisher nur unzureichend erfolgt, da die Enzyme als membrangebundene Proteine nur sehr schwer zu isolieren und zu charakterisieren

sind (McKeon et al., Methods in Enzymol. 71, 1981: 12141–12147, Wang et al., Plant Physiol. Biochem., 26, 1988: 777–792). In der Regel erfolgt die Charakterisierung membrangebundener Desaturasen durch Einbringung in einen geeigneten Organismus, der anschließend auf Enzymaktivität mittels Edukt- und Produktanalyse untersucht wird. Δ -6-Desaturasen werden in WO 93/06712, US 5,614,393, US5614393, WO 96/21022, WO00/21557 und WO 99/27111 beschrieben und auch die Anwendung zur Produktion in transgenen Organismen beschrieben wie in WO98/46763 WO98/46764, WO9846765. Dabei wird auch die Expression verschiedener Desaturasen wie in WO99/64616 oder WO98/46776 und Bildung polyungesättigter Fettsäuren beschrieben und beansprucht. Bzgl. der Effektivität der Expression von Desaturasen und ihren Einfluss auf die Bildung polyungesättigter Fettsäuren ist anzumerken, dass durch Expression einer einzelnen Desaturase wie bisher beschrieben lediglich geringe Gehalte an ungesättigten Fettsäuren/Lipiden wie z.B. γ -Linolensäure und Stearidonsäure erreicht wurden. Weiterhin wurde in der Regel ein Gemisch aus ω -3- und ω -6-Fettsäuren erhalten.

Besonders geeignete Mikroorganismen zur Herstellung von PUFAs sind Mikroorganismen wie Mikroalgen wie *Phaeodactylum tricornutum*, *Porphordium*-Arten, *Thraustochytrien*-Arten, *Schizochytrien*-Arten oder *Cryptocodinium*-Arten, Ciliaten, wie *Stylonychia* oder *Colpidium*, Pilze, wie *Mortierella*, *Entomophthora* oder *Mucor* und/oder Moosen wie *Physcomitrella*, *Ceratodon* und *Marchantia* (R. Vazhappilly & F. Chen (1998) Botanica Marina 41: 553-558; K. Totani & K. Oba (1987) Lipids 22: 1060-1062; M. Akimoto et al. (1998) Appl. Biochemistry and Biotechnology 73: 269-278).. Durch Stammselektion ist eine Anzahl von Mutantenstämmen der entsprechenden Mikroorganismen entwickelt worden, die eine Reihe wünschenswerter Verbindungen, einschließlich PUFAs, produzieren. Die Mutation und Selektion von Stämmen mit verbesserter Produktion eines bestimmten Moleküls wie den mehrfach ungesättigten Fettsäuren ist jedoch ein zeitraubendes und schwieriges Verfahren. Deshalb werden, wenn immer möglich wie oben beschrieben gentechnologische Verfahren bevorzugt. Mit Hilfe der vorgenannten Mikroorganismen lassen sich jedoch nur begrenzte Mengen der gewünschten mehrfach ungesättigten Fettsäuren wie DPA, EPA oder ARA herstellen. Wobei diese in der Regel je nach verwendeten Mikroorganismus als Fettsäuregemische aus beispielsweise EPA, DPA und DHA anfallen.

Die Biosynthese von LCPUFAs und der Einbau von LCPUFAs in Membranen oder Triacylglyceride erfolgt über verschiedene Stoffwechselwege (A. Abbadi et al. (2001) European Journal of Lipid Science & Technology 103:106-113). In Bakterien wie *Vibrio* und Mikroalgen wie *Schizochytrium* wird Malonyl-CoA über eine LCPUFA-produzierende Polyketidsynthase zu LCPUFAs umgesetzt (J.G. Metz et al. (2001) Science 293: 290-293; WO 00/42195; WO 98/27203; WO 98/55625). In Mikroalgen wie *Phaeodactylum* und Moosen wie *Physcomitrella* werden ungesättigte Fettsäuren wie Linolsäure oder Linolensäure in Form ihrer Acyl-CoAs in mehreren Desaturierungs- und Elongationsschritten zu LCPUFAs umgesetzt (T.K. Zank et al. (2000) Biochemical Society Transactions 28: 654-658). Bei Säugetieren beinhaltet die Biosynthese von

DHA zusätzlich zu Desaturierungs- und Elongationsschritten eine Kettenverkürzung über beta-Oxidation.

5 LCPUFAs liegen in Mikroorganismen und niederen Pflanzen entweder ausschließlich in Form von Membranlipiden vor, wie bei *Physcomitrella* und *Phaeodactylum*, oder sie sind in Membranlipiden und Triacylglyceriden vorhanden, wie bei *Schizochytrium* und *Mortierella*. Der Einbau von LCPUFAs in Lipide und Öle wird durch verschiedene Acyltransferasen und Transacylasen katalysiert. Diese Enzyme sind bereits bekannt für den Einbau von gesättigten und ungesättigten Fettsäuren [A.R. Slabas (2001) *J. Plant Physiology* 158: 505-513; M. Frentzen (1998) *Fett/Lipid* 100: 161-166]; S. Cases et al. 10 (1998) *Proc. Nat. Acad. Sci. USA* 95: 13018-13023]. Bei den Acyltransferasen handelt sich um Enzyme des sogenannten Kennedy-Pathways, die an der cytoplasmatischen Seite des Membransystems des Endoplasmatischen Reticulums, nachfolgend als 'ER' bezeichnet, lokalisiert sind. Experimentell können Membranen des ER als sogenannte 'mikrosomale Fraktionen' aus verschiedenen Organismen isoliert werden [D.S. 15 Knutzon et al. (1995) *Plant Physiology* 109: 999-1006; S. Mishra & Y Kamisaka (2001) *Biochemistry* 355: 315-322; US 5968791]. Diese ER-gebundenen Acyltransferasen in der mikrosomalen Fraktion verwenden Acyl-CoA als aktivierte Form der Fettsäuren. Glycerin-3-phosphat Acyltransferase, im folgenden GPAT genannt, katalysiert den Einbau von Acylgruppen an der sn-1 Position von Glycerin-3-phosphat. 1-Acylglycerin- 20 3-phosphat Acyltransferase (E.C. 2.3.1.51), auch Lysophosphatidsäure Acyltransferase, im folgenden LPAAT genannt, katalysiert den Einbau von Acylgruppen an der sn-2 Position von Lysophosphatidsäure, nachfolgend als LPA abgekürzt. Nach Dephosphorylierung von Phosphatidsäure durch Phosphatidsäure Phosphatase katalysiert Diacylglycerin Acyltransferase, im folgenden DAGAT genannt, den Einbau von 25 Acylgruppen an der sn-3 Position von Diacylglycerins. Neben diesen Kennedy Pathway Enzymen sind weitere Enzyme am Einbau von Fettsäuren in Triacylglyceride beteiligt, die Acylgruppen aus Membranlipiden in Triacylglyceride einbauen können. Phospholipid Diacylglycerin Acyltransferase, nachfolgend PDAT genannt und Lysophosphatidylcholin Acyltransferase, nachfolgend LPCAT genannt. Auch andere Enzyme wie 30 Lecithin Cholesterin Acyltransferase (LCAT) können am Transfer von Acylgruppen aus Membranlipiden in Triacylglyceride beteiligt sein.

In WO 98/54302 wird von Tjoelker et al. eine humane Lysophosphatidsäure Acyltransferase offenbart sowie ihre mögliche Verwendung zur Therapie von Krankheiten, als diagnostisches Agens sowie eine Methode zur Identifizierung von Modulatoren der 35 humanen LPAAT. Von Leung et al. werden in WO 98/54303 Säuger Lysophosphatidsäure Acyltransferasen beschrieben. Weiterhin offenbaren Leung et al. ein Verfahren zum Screening von pharmazeutischen Verbindungen für die Anwendung beispielsweise bei der Behandlung von Entzündungen.

Weiterhin sind in der Literatur und Patenten eine Vielzahl von Acyltransferasen mit den 40 verschiedensten enzymatischen Funktionen beschrieben worden, so werden z.B. in WO 98/55632 und WO 93/10241 Fettsäure-Alkohol-Acyltransferasen beschrieben, die an der Wachssynthese beteiligt sind. In WO 98/55631 wird eine DAGAT (Diacylglycerin

Acyltransferase) aus *Mortierella ramanniana* beschrieben sowie eine aus *Jajoba* stammende Wachssynthase, die auch DAGAT-Aktivität hat. Slabas et al. (WO 94/13814) offenbart eine membrangebundene sn2-spezifische Acyltransferase, die eine andere Selektivität beim Einbau von einfach ungesättigter Erukasäure für die sn2-Position hat und so in Raps eine erhöhte Ausbeute an Erukasäure ermöglicht. In WO 96/24674 wird ein entsprechendes Enzym bzw. Gen aus *Limnanthes douglasii* beschrieben. Davies et al. beschreiben in WO 95/27791 LPAATs, die spezifisch für mittellange Fettsäuren sind und diese in die sn2-Position von Triglyceriden einbauen. Weitere neue pflanzliche Acyltransferasesequenzen, die über Homologievergleiche mit Sequenzen aus öffentlichen Datenbanken gefunden wurden, werden von Lassner et al. (WO 00/18889) beschrieben. Angaben über die spezifische Funktion dieser Acyltransferasesequenzen oder biochemische Daten zu den entsprechenden Enzymen sind WO 00/18889 nicht zu entnehmen.

Die enzymatische Aktivität einer LPCAT wurde erstmals in Ratten beschrieben [Land (1960) *Journal of Biological Chemistry* 235: 2233-2237]. In Pflanzen existiert eine plastidäre Isoform der LPCAT [Akermoun et al. (2000) *Biochemical Society Transactions* 28: 713-715] sowie eine ER gebundene Isoform [Tumaney und Rajasekharan (1999) *Biochimica et Biophysica Acta* 1439: 47-56; Fraser und Stobart, *Biochemical Society Transactions* (2000) 28: 715-7718]. LPCAT ist in Tieren wie auch in Pflanzen an der Biosynthese und der Transacylierung von mehrfach ungesättigten Fettsäuren beteiligt [Stymne und Stobart (1984) *Biochem. J.* 223: 305-314; Stymne und Stobart (1987) in 'The Biochemistry of Plants: a Comprehensive Treatise', Vol. 9 (Stumpf, P.K. ed.) pp. 175-214, Academic Press, New York]. Eine wichtige Funktion der LPCAT oder allgemeiner gesagt einer Acyl-CoA:Lysophospholipid Acyltransferase, nachfolgend LPLAT genannt, bei der ATP-unabhängigen Synthese von Acyl-CoA aus Phospholipiden wurde von Yamashita et al. (2001; *Journal of Biological Chemistry* 276: 26745-26752) beschrieben.

Trotz vieler biochemischer Daten konnten bisher keine Gene kodierend für LPCAT identifiziert werden. Gene anderer verschiedener pflanzlicher Acyltransferasen konnten isoliert werden und werden in WO 00/18889 (Novel Plant Acyltransferases) beschrieben.

Höhere Pflanzen enthalten mehrfach ungesättigte Fettsäuren wie Linolsäure (C18:2) und Linolensäure (C18:3). ARA, EPA und DHA kommen im Samenöl höherer Pflanzen gar nicht oder nur in Spuren vor (E. Ucciani: *Nouveau Dictionnaire des Huiles Végétales. Technique & Documentation* – Lavoisier, 1995. ISBN: 2-7430-0009-0). Es ist vorteilhaft, in höheren Pflanzen, bevorzugt in Ölsaaten wie Raps, Lein, Sonnenblume und Soja, LCPUFAs herzustellen, da auf diese Weise große Mengen qualitativ hochwertiger LCPUFAs für die Lebensmittelindustrie, die Tierernährung und für pharmazeutische Zwecke kostengünstig gewonnen werden können. Hierzu werden vorteilhaft über gentechnische Methoden Gene kodierend für Enzyme der Biosynthese von LCPUFAs in Ölsaaten eingeführt und exprimiert werden. Dies sind Gene kodierend für Δ -6-Desaturase, Δ -6-Elongase, Δ -5-Desaturase, Δ -5-Elongase und Δ -4-

Desaturase. Diese Gene können vorteilhaft aus Mikroorganismen und niederen Pflanzen isoliert werden, die LCPUFAs herstellen und in den Membranen oder Triacylglyceriden einbauen. So konnten bereits Δ -6-Desaturase-Gene aus dem Moos *Physcomitrella patens* und Δ -6-Elongase-Gene aus *P. patens* und dem Nematoden *C. elegans* isoliert.

Transgene Pflanzen, die Gene kodierend für Enzyme der LCPUFA-Biosynthese exprimieren, sind geeignet, geringe Mengen dieser LCPUFAs zu produzieren, allerdings besteht die Gefahr, dass diese nicht in Triacylglyceride, sondern in Membranen eingebaut werden, weil die endogenen Acyltransferasen und Transacylasen LCPUFAs eventuell nicht als Substrat erkennen und folglich nicht in Triacylglyceride einbauen. Dies ist aus folgenden Gründen unerwünscht: (i) der Hauptlipidanteil in Ölsaaten sind Triacylglyceride. Daher ist es aus wirtschaftlicher Sicht notwendig, LCPUFAs in Triacylglyceriden anzureichern. In Membranen eingebaute LCPUFAs können die physikalischen Eigenschaften der Membranen verändern und so schädliche Wirkungen auf die Integrität und Transporteigenschaften der Membranen sowie die Stresstoleranz von Pflanzen haben.

Erste transgene Pflanzen, die Gene kodierend für Enzyme der LCPUFA-Biosynthese enthalten und exprimieren und LCPUFAs produzieren wurden beispielsweise in DE 102 19 203 (Verfahren zur Herstellung mehrfach ungesättigter Fettsäuren in Pflanzen) erstmals beschrieben. Diese Pflanzen produzieren allerdings LCPUFAs in Mengen, die für eine Aufarbeitung der in den Pflanzen enthaltenen Öle noch weiter optimiert werden müssen.

Um eine Anreicherung der Nahrung und des Futters mit diesen mehrfach ungesättigten Fettsäuren zu ermöglichen, besteht daher ein großer Bedarf an einem einfachen, kostengünstigen Verfahren zur Herstellung dieser mehrfach ungesättigten Fettsäuren speziell in eukaryontischen Systemen.

Es bestand daher die Aufgabe ein Verfahren zur Herstellung von mehrfach ungesättigten Fettsäuren in einem Organismus vorteilhaft in einem eukaryontischen Organismus bevorzugt in einer Pflanze zu entwickeln. Diese Aufgabe wurde durch das erfindungsgemäße Verfahren zur Herstellung mehrfach ungesättigter Fettsäuren in einem Organismus gelöst, dadurch gekennzeichnet, dass das Verfahren folgende Schritte umfasst:

- a) Einbringen mindestens einer Nukleinsäuresequenz in den Organismus mit der in SEQ ID NO: 1, SEQ ID NO: 3, SEQ ID NO: 4, SEQ ID NO: 6, SEQ ID NO: 7, SEQ ID NO: 9, SEQ ID NO: 11, SEQ ID NO: 13, SEQ ID NO: 14, SEQ ID NO: 16, SEQ ID NO: 18 oder SEQ ID NO: 20 dargestellten Sequenz, die für ein Polypeptid mit einer Lysophosphatidsäure Acyltransferase-Aktivität codiert; oder
- b) Einbringen mindestens einer Nukleinsäuresequenz in den Organismus mit der in SEQ ID NO: 22, SEQ ID NO: 24 oder SEQ ID NO: 26 dargestellten Sequenz, die

für ein Polypeptid mit einer Glycerin-3-phosphat Acyltransferase-Aktivität codiert; oder

5 c) Einbringen mindestens einer Nukleinsäuresequenz in den Organismus mit der in SEQ ID NO: 28, SEQ ID NO: 30 oder SEQ ID NO: 32 dargestellten Sequenz, die für ein Polypeptid mit einer Diacylglycerin Acyltransferase-Aktivität codiert; oder

d) Einbringen mindestens einer Nukleinsäuresequenz in den Organismus mit der in SEQ ID NO: 34 oder SEQ ID NO: 36 dargestellten Sequenz, die für ein Polypeptid mit einer Lecithin Cholesterin Acyltransferase-Aktivität codiert; oder

10 e) Einbringen mindestens einer Nukleinsäuresequenz in den Organismus, die sich als Ergebnis des degenerierten genetischen Codes von den in SEQ ID NO: 1, SEQ ID NO: 3, SEQ ID NO: 4, SEQ ID NO: 6, SEQ ID NO: 7, SEQ ID NO: 9, SEQ ID NO: 11, SEQ ID NO: 13, SEQ ID NO: 14, SEQ ID NO: 16, SEQ ID NO: 18, SEQ ID NO: 20, SEQ ID NO: 22, SEQ ID NO: 24, SEQ ID NO: 26, SEQ ID NO: 28, SEQ ID NO: 30, SEQ ID NO: 32, SEQ ID NO: 34 oder SEQ ID NO: 36 enthaltenden codierenden Sequenz ableiten lässt, oder

20 f) Einbringen mindestens eines Derivates der in SEQ ID NO: 1, SEQ ID NO: 3, SEQ ID NO: 4, SEQ ID NO: 6, SEQ ID NO: 7, SEQ ID NO: 9, SEQ ID NO: 11, SEQ ID NO: 13, SEQ ID NO: 14, SEQ ID NO: 16, SEQ ID NO: 18, SEQ ID NO: 20, SEQ ID NO: 22, SEQ ID NO: 24, SEQ ID NO: 26, SEQ ID NO: 28, SEQ ID NO: 30, SEQ ID NO: 32, SEQ ID NO: 34 oder SEQ ID NO: 36 dargestellten Nukleinsäuresequenz in den Organismus, die für Polypeptide mit der in SEQ ID NO: 2, SEQ ID NO: 5, SEQ ID NO: 8, SEQ ID NO: 10, SEQ ID NO: 12, SEQ ID NO: 15, SEQ ID NO: 17, SEQ ID NO: 19, SEQ ID NO: 21, SEQ ID NO: 23, SEQ ID NO: 25, SEQ ID NO: 27, SEQ ID NO: 29, SEQ ID NO: 31, SEQ ID NO: 33, SEQ ID NO: 35 oder SEQ ID NO: 37 dargestellten Aminosäuresequenz codieren und mindestens 40 % Homologie auf Aminosäureebene mit SEQ ID NO: 2, SEQ ID NO: 5, SEQ ID NO: 8, SEQ ID NO: 10, SEQ ID NO: 12, SEQ ID NO: 15, SEQ ID NO: 17, SEQ ID NO: 19, SEQ ID NO: 21, SEQ ID NO: 23, SEQ ID NO: 25, SEQ ID NO: 27, SEQ ID NO: 29, SEQ ID NO: 31, SEQ ID NO: 33, SEQ ID NO: 35 oder SEQ ID NO: 37 aufweisen und eine äquivalente Lysophosphatidsäure Acyltransferase-Aktivität, Glycerin-3-phosphat Acyltransferase-Aktivität, Diacylglycerin Acyltransferase-Aktivität oder Lecithin Cholesterin Acyltransferase-Aktivität aufweisen, und

g) kultivieren und ernten des Organismus.

35 Vorteilhaft enthalten die im erfindungsgemäßen Verfahren hergestellten mehrfach ungesättigten Fettsäuren mindestens zwei vorteilhaft drei, vier oder fünf Doppelbindungen. Besonders vorteilhaft enthalten die Fettsäuren vier oder fünf Doppelbindungen. Im Verfahren hergestellte Fettsäuren haben vorteilhaft 18-, 20-, 22- oder 24 C-Atome in der Fettsäurekette, bevorzugt enthalten die Fettsäuren 20, 22 oder 24 Kohlenstoffatome in der Fettsäurekette. Vorteilhaft werden gesättigte Fettsäuren mit

40

den im Verfahren verwendeten Nukleinsäuren wenig oder gar nicht umgesetzt. Unter wenig ist zu verstehen, das im Vergleich zu mehrfach ungesättigten Fettsäuren die gesättigten Fettsäuren mit weniger als 5 % der Aktivität, vorteilhaft weniger als 3 %, besonders vorteilhaft mit weniger als 2 % umgesetzt werden. Diese hergestellten Fettsäuren können als einziges Produkt im Verfahren hergestellt werden oder in einem Fettsäuregemisch vorliegen.

Bei den im erfindungsgemäßen Verfahren verwendeten Nukleinsäuresequenzen handelt es sich um isolierte Nukleinsäuresequenzen, die für Polypeptide mit Lyso-phosphatidsäure Acyltransferase-Aktivität, Glycerin-3-phosphat Acyltransferase-Aktivität, Diacylglycerin Acyltransferase-Aktivität und/oder Lecithin Cholesterin Acyltransferase-Aktivität codieren.

Die im Verfahren hergestellten mehrfach ungesättigten Fettsäuren sind vorteilhaft in Membranlipiden und/oder Triacylglyceriden gebunden, können aber auch als freie Fettsäuren oder aber gebunden in Form anderer Fettsäureester in den Organismen vorkommen. Dabei können sie wie gesagt als "Reinprodukte" oder aber vorteilhaft in Form von Mischungen verschiedener Fettsäuren oder Mischungen unterschiedlicher Glyceride vorliegen. Dabei lassen sich die in den Triacylglyceriden gebundenen verschiedenen Fettsäuren von kurzkettigen Fettsäuren mit 4 bis 6 C-Atomen, mittelkettigen Fettsäuren mit 8 bis 12 C-Atomen oder langkettigen Fettsäuren mit 14 bis 24 C-Atomen ableiten, bevorzugt sind die langkettigen Fettsäuren besonders bevorzugt sind die langkettigen Fettsäuren LCPUFAs von C_{18} -, C_{20} -, C_{22} - und/oder C_{24} -Fettsäuren.

Im erfindungsgemäßen Verfahren werden vorteilhaft Fettsäureester mit mehrfach ungesättigten C_{18} -, C_{20} -, C_{22} - und/oder C_{24} -Fettsäuremolekülen mit mindestens zwei Doppelbindungen im Fettsäureester hergestellt. Bevorzugt enthalten diese Fettsäuremoleküle drei, vier oder fünf Doppelbindungen und führen vorteilhaft zur Synthese von Hexadecadiensäure ($C_{16}:2^{\Delta 9,12}$), γ -Linolensäure (= GLA, $C_{18}:3^{\Delta 6,9,12}$), Stearidonsäure (= SDA, $C_{18}:4^{\Delta 6,9,12,15}$), Dihomo- γ -Linolensäure (= DGLA, $20:3^{\Delta 8,11,14}$), Eicosatetraensäure (= ETA, $C_{20}:4^{\Delta 5,8,11,14}$), Arachidonsäure (ARA), Eicosapentaensäure (EPA) oder deren Mischungen, bevorzugt EPA und/oder ARA.

Die Fettsäureester mit mehrfach ungesättigten C_{18} -, C_{20} -, C_{22} -, und/oder C_{24} -Fettsäuremolekülen können aus den Organismen, die für die Herstellung der Fettsäureester verwendet wurden, in Form eines Öls oder Lipids beispielsweise in Form von Verbindungen wie Sphingolipide, Phosphoglyceride, Lipide, Glycolipide wie Glycosphingolipid, Phospholipide wie Phosphatidylethanolamin, Phosphatidylcholin, Phosphatidylserin, Phosphatidylglycerol, Phosphatidylinositol oder Diphosphatidylglycerol, Monoacylglyceride, Diacylglyceride, Triacylglyceride oder sonstige Fettsäureester wie die AcetylCoenzymA-Ester, die die mehrfach ungesättigten Fettsäuren mit mindestens zwei bevorzugt drei Doppelbindungen enthalten, isoliert werden, vorteilhaft werden sie in der Form ihrer Diacylglyceride, Triacylglyceride und/oder in Form des Phosphatidylcholin isoliert, besonders bevorzugt in der Form der Triacylglyceride. Neben diesen Estern sind die mehrfach ungesättigten Fettsäuren auch als freie

Fettsäuren oder gebunden in anderen Verbindungen in den Organismen vorteilhaft den Pflanzen enthalten. In der Regel liegen die verschiedenen vorgenannten Verbindungen (Fettsäureester und frei Fettsäuren) in den Organismen in einer ungefähren Verteilung von 80 bis 90 Gew.-% Triglyceride, 2 bis 5 Gew.-% Diglyceride, 5 bis 10 Gew.-% Monoglyceride, 1 bis 5 Gew.-% freie Fettsäuren, 2 bis 8 Gew.-% Phospholipide vor, wobei sich die Summe der verschiedenen Verbindungen zu 100 Gew.-% ergänzt.

Im erfindungsgemäßen Verfahren werden die hergestellten LCPUFAs mit einem Gehalt von mindestens 3 Gew.-%, vorteilhaft von mindestens 5 Gew.-%, bevorzugt von mindestens 8 Gew.-%, besonders bevorzugt von mindestens 10 Gew.-%, ganz besonders bevorzugt von mindestens 15 Gew.-% bezogen auf die gesamten Fettsäuren in der transgenen Organismen vorteilhaft in einer transgenen Pflanze hergestellt. Vorteilhaft werden die Fettsäuren in gebundener Form hergestellt. Mit Hilfe der im erfindungsgemäßen Verfahren verwendeten Nukleinsäuren lassen sich diese ungesättigten Fettsäuren an sn1-, sn2- und/oder sn3-Position der vorteilhaft hergestellten Triglyceride bringen. Da im erfindungsgemäßen Verfahren von den Ausgangsverbindungen Hexadecadiensäure (C16:2), Linolsäure (C18:2) bzw. Linolensäure (C18:3) mehrere Reaktionsschritte durchlaufen werden, fallen die Endprodukte des Verfahrens wie beispielsweise Arachidonsäure (ARA) oder Eicosapentaensäure (EPA) nicht als absolute Reinprodukte an, es sind immer auch geringe Spuren der Vorstufen im Endprodukt enthalten. Sind in dem Ausgangsorganismus bzw. in der Ausgangspflanze beispielsweise sowohl Linolsäure als auch Linolensäure vorhanden, so liegen die Endprodukte wie ARA und EPA als Mischungen vor. Die Vorstufen sollten vorteilhaft nicht mehr als 20 Gew.-%, bevorzugt nicht mehr als 15 Gew.-%, besonders bevorzugt nicht als 10 Gew.-%, ganz besonders bevorzugt nicht mehr als 5 Gew.-% bezogen auf die Menge des jeweiligen Endprodukts betragen. Vorteilhaft werden in einer transgenen Pflanze als Endprodukte nur ARA oder nur EPA im erfindungsgemäßen Verfahren gebunden oder als freie Säuren hergestellt. Werden beide Verbindungen (ARA + EPA) gleichzeitig hergestellt, werden sie vorteilhaft in einem Verhältnis von mindesten 1:2 (EPA:ARA), vorteilhaft von mindestens 1:3, bevorzugt von 1:4, besonders bevorzugt von 1:5 hergestellt.

Durch die erfindungsgemäßen Nukleinsäuresequenzen kann eine Steigerung der Ausbeute an mehrfach ungesättigten Fettsäuren von mindestens 50 %, vorteilhaft von mindestens 80 %, besonders vorteilhaft von mindestens 100 %, ganz besonders vorteilhaft von mindestens 150 % gegenüber den nicht transgenen Ausgangsorganismus beim Vergleich in der GC-Analyse siehe Beispiele erreicht werden.

Auch chemisch reine mehrfach ungesättigte Fettsäuren oder Fettsäurezusammensetzungen sind nach den vorbeschriebenen Verfahren darstellbar. Dazu werden die Fettsäuren oder die Fettsäurezusammensetzungen aus dem Organismus wie den Mikroorganismen oder den Pflanzen oder dem Kulturmedium, in dem oder auf dem die Organismen angezogen wurden, oder aus dem Organismus und dem Kulturmedium in bekannter Weise beispielsweise über Extraktion, Destillation, Kristallisation, Chromatographie oder Kombinationen dieser Methoden isoliert. Diese chemisch reinen

Fettsäuren oder Fettsäurezusammensetzungen sind für Anwendungen im Bereich der Lebensmittelindustrie, der Kosmetikindustrie und besonders der Pharmaindustrie vorteilhaft.

Als Organismus für die Herstellung im erfindungsgemäßen Verfahren kommen prinzipiell alle Organismen wie Mikroorganismen, nicht-humane Tiere oder Pflanzen in Frage. Vorteilhaft werden im erfindungsgemäßen Verfahren transgene Organismen wie Pilze wie *Mortierella* oder *Traustochytrium*, Hefen wie *Saccharomyces* oder *Schizosaccharomyces*, Moose wie *Physcomitrella* oder *Ceratodon*, nicht-humane Tiere wie *Caenorhabditis*, Algen wie *Cryptocodium* oder *Phaeodactylum* oder Pflanzen wie zweikeimblättrige oder einkeimblättrige Pflanzen verwendet. Besonders vorteilhaft werden Organismen im erfindungsgemäßen Verfahren verwendet, die zu den Ölproduzierenden Organismen gehören, das heißt die für die Herstellung von Ölen verwendet werden, wie Pilze wie *Mortierella* oder *Traustochytrium*, Algen wie *Cryptocodium*, *Phaeodactylum* oder Pflanzen, insbesondere Pflanzen bevorzugt Ölfruchtpflanzen, die große Mengen an Lipidverbindungen enthalten, wie Erdnuss, Raps, Canola, Sonnenblume, Safflor (Färberdistel), Mohn, Senf, Hanf, Rizinus, Olive, Sesam, Calendula, Punica, Nachtkerze, Königskerze, Distel, Wildrosen, Haselnuss, Mandel, Macadamia, Avocado, Lorbeer, Kürbis, Lein, Soja, Pistazien, Borretsch, Bäume (Ölpalme, Kokosnuss oder Walnuss) oder Feldfrüchte, wie Mais, Weizen, Roggen, Hafer, Triticale, Reis, Gerste, Baumwolle, Maniok, Pfeffer, Tagetes, Solanaceen-Pflanzen, wie Kartoffel, Tabak, Aubergine und Tomate, Vicia-Arten, Erbse, Alfalfa oder Buschpflanzen (Kaffee, Kakao, Tee), Salix-Arten sowie ausdauernde Gräser und Futterfeldfrüchte. Bevorzugte erfindungsgemäße Pflanzen sind Ölfruchtpflanzen, wie Erdnuss, Raps, Canola, Sonnenblume, Safflor (Färberdistel), Mohn, Senf, Hanf, Rhizinus, Olive, Calendula, Punica, Nachtkerze, Kürbis, Lein, Soja, Borretsch, Bäume (Ölpalme, Kokosnuss). Besonders bevorzugt sind C18:2- und/oder C18:3-Fettsäure reiche Pflanzen wie Sonnenblume, Färberdistel, Tabak, Königskerze, Sesam, Baumwolle, Kürbis, Mohn, Nachtkerze, Walnuss, Lein, Hanf, Distel oder Färberdistel. Ganz besonders bevorzugt sind Pflanzen wie Färberdistel, Sonnenblume, Mohn, Nachtkerze, Walnuss, Lein oder Hanf.

Für das erfindungsgemäße beschriebene Verfahren ist es vorteilhaft in den Organismus zusätzlich zu den unter Verfahrensschritt (a) bis (f) eingebrachten Nukleinsäuren zusätzlich weitere Nukleinsäuren einzubringen, die für Enzyme des Fettsäure- oder Lipidstoffwechsels codieren.

Im Prinzip können alle Gene des Fettsäure- oder Lipidstoffwechsels vorteilhaft in Kombination mit der erfinderischen Acyl-CoA:Lysophospholipid-Acyltransferase im Verfahren zur Herstellung mehrfach ungesättigter Fettsäuren verwendet werden. Besonders vorteilhaft werden Gene des Fettsäure- oder Lipidstoffwechsels ausgewählt aus der Gruppe Acyl-CoA-Dehydrogenase(n), Acyl-ACP [= acyl carrier protein]-Desaturase(n), Acyl-ACP-Thioesterase(n), Fettsäure-Acyl-Transferase(n), Acyl-CoA:Lysophospholipid-Acyltransferasen, Fettsäure-Synthase(n), Fettsäure-Hydroxylase(n), Acetyl-Coenzym A-Carboxylase(n), Acyl-Coenzym A-Oxidase(n),

Fettsäure-Desaturase(n), Fettsäure-Acetylenasen, Lipoxygenasen, Triacylglycerol-Lipasen, Allenoxid-Synthasen, Hydroperoxid-Lyasen oder Fettsäure-Elongase(n) in Kombination mit der Acyl-CoA:Lysophospholipid-Acyltransferase verwendet. Besonders bevorzugt werden Gene ausgewählt aus der Gruppe der Acyl-

- 5 CoA:Lysophospholipid-Acyltransferasen, Δ -4-Desaturasen, Δ -5-Desaturasen, Δ -6-Desaturasen, Δ -8-Desaturasen, Δ -9-Desaturasen, Δ -12-Desaturasen, Δ -5-Elongasen, Δ -6-Elongasen oder Δ -9-Elongasen in Kombination mit den vorgenannten Genen für die Lysophosphatidsäure Acyltransferase, Glycerin-3-phosphat Acyltransferase, Diacylglycerin Acyltransferase oder Lecithin Cholesterin Acyltransferase verwendet, wobei einzelne Gene oder mehrere Gene in Kombination verwendet werden können.

- 15 Durch die enzymatische Aktivität der im erfindungsgemäßen Verfahren verwendeten Nukleinsäuren, die für Polypeptide mit Lysophosphatidsäure Acyltransferase-, Glycerin-3-phosphat Acyltransferase-, Diacylglycerin Acyltransferase- oder Lecithin Cholesterin Acyltransferase-Aktivität codieren, vorteilhaft in Kombination mit Nukleinsäuresequenzen, die für Polypeptide des Fettsäure- oder Lipidstoffwechsels wie der Acyl-CoA:Lysophospholipid-Acyltransferaseaktivität, der Δ -4-, Δ -5-, Δ -6-, Δ -8-Desaturase- oder Δ -5-, Δ -6- oder Δ -9-Elongaseaktivität codieren, können unterschiedlichste mehrfach ungesättigte Fettsäuren im erfindungsgemäßen Verfahren hergestellt werden. Je nach Auswahl der für das erfindungsgemäße Verfahren verwendeten
- 20 Organismen wie den vorteilhaften Pflanze lassen sich Mischungen der verschiedenen mehrfach ungesättigten Fettsäuren oder einzelne mehrfach ungesättigte Fettsäuren wie EPA oder ARA in freier oder gebundener Form herstellen. Je nachdem welche Fettsäurezusammensetzung in der Ausgangspflanze vorherrscht (C18:2- oder C18:3-Fettsäuren) entstehen so Fettsäuren, die sich von C18:2-Fettsäuren ableiten, wie GLA, DGLA oder ARA oder, die sich von C18:3-Fettsäuren ableiten, wie SDA, ETA oder EPA. Liegt in der für das Verfahren verwendeten Pflanze als ungesättigte Fettsäure nur
- 25 Linolsäure (= LA, C18:2 ^{Δ 9,12}) vor, so können als Produkte des Verfahrens nur GLA, DGLA und ARA entstehen; die als freie Fettsäuren oder gebunden vorliegen können. Ist in der im Verfahren verwendeten Pflanze als ungesättigte Fettsäure nur α -
- 30 Linolensäure (= ALA, C18:3 ^{Δ 9,12,15}) beispielsweise wie in Lein, so können als Produkte des Verfahrens nur SDA, ETA und EPA entstehen, die wie oben beschrieben als freie Fettsäuren oder gebunden vorliegen können. Durch Modifikation der Aktivität der an der Synthese beteiligten Enzyme Lysophosphatidsäure Acyltransferase, Glycerin-3-phosphat Acyltransferase, Diacylglycerin Acyltransferase oder Lecithin Cholesterin
- 35 Acyltransferase vorteilhaft in Kombination mit der Acyl-CoA:Lysophospholipid-Acyltransferase, Δ -5-, Δ -6-Desaturase und/oder Δ -6-Elongase, oder der Acyl-CoA:Lysophospholipid-Acyltransferase, Δ -5-, Δ -8-Desaturase und/oder Δ -9-Elongase oder in Kombination mit nur den ersten drei Gene Acyl-CoA:Lysophospholipid-Acyltransferase, Δ -6-Desaturase und/oder Δ -6-Elongase oder
- 40 Acyl-CoA:Lysophospholipid-Acyltransferase, Δ -8-Desaturase und/oder Δ -9-Elongase der Synthesekette lassen sich gezielt in den vorgenannten Organismen vorteilhaft in den vorgenannten Pflanzen nur einzelne Produkte herstellen. Durch die Aktivität der Δ -6-Desaturase und Δ -6-Elongase entstehen beispielsweise GLA und DGLA bzw. SDA und ETA, je nach Ausgangspflanze und ungesättigter Fettsäure. Bevorzugt

entstehen DGLA bzw. ETA oder deren Mischungen. Wird die Δ -5-Desaturase zusätzlich in die Organismen vorteilhaft in die Pflanze eingebracht, so entstehen zusätzlich ARA oder EPA. Dies gilt auch für Organismen in die vorher die Δ -8-Desaturase und Δ -9-Elongase eingebracht wurde. Vorteilhaft werden nur ARA oder EPA oder deren Mischungen synthetisiert, abhängig von der in im Organismus bzw. in der Pflanze vorliegenden Fettsäure, die als Ausgangssubstanz für die Synthese dient. Da es sich um Biosyntheseketten handelt, liegen die jeweiligen Endprodukte nicht als Reinsubstanzen in den Organismen vor. Es sind immer auch geringe Mengen der Vorläuferverbindungen im Endprodukt enthalten. Diese geringen Mengen betragen weniger als 20 Gew.-%, vorteilhaft weniger als 15 Gew.-%, besonders vorteilhaft weniger als 10 Gew.-%, ganz besonders vorteilhaft weniger als 5, 4, 3, 2 oder 1 Gew.-% bezogen auf das Endprodukt DGLA, ETA oder deren Mischungen bzw. ARA, EPA oder deren Mischungen.

Zur Steigerung der Ausbeute im beschriebenen Verfahren zur Herstellung von Ölen und/oder Triglyceriden mit einem vorteilhaft erhöhten Gehalt an mehrfach ungesättigten Fettsäuren ist es vorteilhaft die Menge an Ausgangsprodukt für die Fettsäuresynthese zu steigern, dies kann beispielsweise durch das Einbringen einer Nukleinsäure in den Organismus, die für ein Polypeptid mit Δ -12-Desaturase codiert, erreicht werden. Dies ist besonders vorteilhaft in Öl-produzierenden Organismen wie Raps, die einen hohen Ölsäuregehalt aufweisen. Da diese Organismen nur einen geringen Gehalt an Linolsäure aufweisen (Mikoklajczak et al., Journal of the American Oil Chemical Society, 38, 1961, 678 - 681) ist die Verwendung der genannten Δ -12-Desaturasen zur Herstellung des Ausgangsprodukts Linolsäure vorteilhaft.

Im erfindungsgemäßen Verfahren verwendeten Nukleinsäuren stammen vorteilhaft aus Pflanzen wie Algen wie *Isochrysis* oder *Cryptocodinium*, Algen/Diatomeen wie *Phaeodactylum*, Moose wie *Physcomitrella* oder *Ceratodon* oder höheren Pflanzen wie den *Primulaceae* wie *Aleuritia*, *Calendula stellata*, *Osteospermum spinescens* oder *Osteospermum hyoseroides*, Mikroorganismen wie Pilzen wie *Aspergillus*, *Thraustochytrium*, *Phytophthora*, *Entomophthora*, *Mucor* oder *Mortierella*, Bakterien wie *Shewanella*, Hefen oder Tieren wie Nematoden wie *Caenorhabditis*, Insekten oder dem Mensch. Vorteilhaft stammen die Nukleinsäuren aus Pilzen, Tieren oder aus Pflanzen wie Algen oder Moosen, bevorzugt aus Nematoden wie *Caenorhabditis*.

Vorteilhaft werden im erfindungsgemäßen Verfahren die vorgenannten Nukleinsäuresequenzen oder deren Derivat oder Homologe, die für Polypeptide codieren, die noch die enzymatische Aktivität der durch Nukleinsäuresequenzen codierten Proteine besitzen. Diese Sequenzen werden einzeln oder in Kombination mit den für die Lysophosphatidsäure Acyltransferase, Glycerin-3-phosphat Acyltransferase, Diacylglycerin Acyltransferase und/oder Lecithin Cholesterin Acyltransferase codierenden Nukleinsäuresequenzen in Expressionskonstrukte cloniert und zum Einbringen und zur Expression in Organismen verwendet. Diese Expressionskonstrukte ermöglichen durch ihre Konstruktion eine vorteilhafte optimale Synthese der im erfindungsgemäßen Verfahren produzierten mehrfach ungesättigten Fettsäuren.

Bei einer bevorzugten Ausführungsform umfasst das Verfahren ferner den Schritt des Gewinnens einer Zelle oder eines ganzen Organismus, der die im Verfahren verwendeten Nukleinsäuresequenzen enthält, wobei die Zelle und/oder der Organismus mit einer erfindungsgemäßen Nukleinsäuresequenz, die für die Lysophosphatidsäure

5 Acyltransferase, Glycerin-3-phosphat Acyltransferase, Diacylglycerin Acyltransferase und/oder Lecithin Cholesterin Acyltransferase codiert, einem Genkonstrukt oder einem Vektor wie nachfolgend beschrieben, allein oder in Kombination mit weiteren Nukleinsäuresequenzen, die für Proteine des Fettsäure- oder Lipidsstoffwechsels codieren, transformiert wird. Bei einer weiteren bevorzugten Ausführungsform umfasst dieses

10 Verfahren ferner den Schritt des Gewinnens der Feinchemikalie aus der Kultur. Bei der Kultur kann es sich beispielsweise um eine Fermentationskultur beispielsweise im Falle der Kultivierung von Mikroorganismen wie z.B. *Mortierella*, *Saccharomyces* oder *Traustochytrium* oder um eine Treibhaus oder Feldkultur einer Pflanze handeln. Die so hergestellte Zelle oder der so hergestellte Organismus ist vorteilhaft eine Zelle eines

15 Öl-produzierenden Organismus wie einer Ölfuchtpflanze wie beispielsweise Erdnuss, Raps, Canola, Lein, Hanf, Erdnuss, Soja, Safflower, Hanf, Sonnenblumen oder Borretsch.

Unter Anzucht ist beispielsweise die Kultivierung im Falle von Pflanzenzellen, -gewebe oder -organe auf oder in einem Nährmedium oder der ganzen Pflanze auf bzw. in

20 einem Substrat beispielsweise in Hydrokultur, Blumentopferde oder auf einem Ackerboden zu verstehen.

"Transgen" bzw. "Rekombinant" im Sinne der Erfindung bedeutet bezüglich zum Beispiel einer Nukleinsäuresequenz, einer Expressionskassette (= Genkonstrukt) oder einem Vektor enthaltend die erfindungsgemäße Nukleinsäuresequenz oder einem

25 Organismus transformiert mit den erfindungsgemäßen Nukleinsäuresequenzen, Expressionskassette oder Vektor alle solche durch gentechnische Methoden zustande gekommenen Konstruktionen, in denen sich entweder

- a) die erfindungsgemäße Nukleinsäuresequenz, oder
- b) eine mit der erfindungsgemäßen Nukleinsäuresequenz funktionell verknüpfte genetische Kontrollsequenz, zum Beispiel ein Promotor, oder
- c) (a) und (b)

sich nicht in ihrer natürlichen, genetischen Umgebung befinden oder durch gentechnische Methoden modifiziert wurden, wobei die Modifikation beispielhaft eine Substitution, Addition, Deletion, Inversion oder Insertion eines oder mehrerer Nukleotidreste sein

35 kann. Natürliche genetische Umgebung meint den natürlichen genomischen bzw. chromosomalen Locus in dem Herkunftsorganismus oder das Vorliegen in einer genomischen Bibliothek. Im Fall einer genomischen Bibliothek ist die natürliche, genetische Umgebung der Nukleinsäuresequenz bevorzugt zumindest noch teilweise erhalten. Die Umgebung flankiert die Nukleinsäuresequenz zumindest an einer Seite

40 und hat eine Sequenzlänge von mindestens 50 bp, bevorzugt mindestens 500 bp,

besonders bevorzugt mindestens 1000 bp, ganz besonders bevorzugt mindestens 5000 bp. Eine natürlich vorkommende Expressionskassette - beispielsweise die natürlich vorkommende Kombination des natürlichen Promotors der erfindungsgemäßen Nukleinsäuresequenzen mit den entsprechenden Lysophosphatidsäure Acyltransferase-, Glycerin-3-phosphat Acyltransferase-, Diacylglycerin Acyltransferase- und/oder Lecithin Cholesterin Acyltransferase-Genen - wird zu einer transgenen Expressionskassette, wenn diese durch nicht-natürliche, synthetische ("künstliche") Verfahren wie beispielsweise einer Mutagenisierung geändert wird. Entsprechende Verfahren sind beispielsweise beschrieben in US 5,565,350 oder WO 00/15815.

- 10 Unter transgenen Organismus bzw. transgener Pflanze im Sinne der Erfindung ist wie vorgenannt zu verstehen, dass die im Verfahren verwendeten Nukleinsäuren nicht an ihrer natürlichen Stelle im Genom eines Organismus sind, dabei können die Nukleinsäuren homolog oder heterolog exprimiert werden. Transgen bedeutet aber auch wie
- 15 Genom eines Organismus sind, dass jedoch die Sequenz gegenüber der natürlichen Sequenz verändert wurde und/oder dass die Regulationssequenzen, der natürlichen Sequenzen verändert wurden. Bevorzugt ist unter transgen die Expression der erfindungsgemäßen Nukleinsäuren an nicht natürlicher Stelle im Genom zu verstehen, das heißt eine homologe oder bevorzugt heterologe Expression der Nukleinsäuren liegt
- 20 vor. Bevorzugte transgene Organismen sind Pilze wie *Mortierella*, Moose wie *Physcomitrella*, Algen wie *Cryptocodium* oder Pflanzen wie die Ölfruchtpflanzen.

- Als Organismen bzw. Wirtsorganismen für die im erfindungsgemäßen Verfahren verwendeten Nukleinsäuren, die Expressionskassette oder den Vektor eignen sich prinzipiell vorteilhaft alle Organismen, die in der Lage sind Fettsäuren speziell ungesättigte Fettsäuren zu synthetisieren bzw. für die Expression rekombinanter Gene
- 25 geeignet sind. Beispielhaft seien Pflanzen wie *Arabidopsis*, *Asteraceae* wie *Calendula* oder Kulturpflanzen wie Soja, Erdnuss, Rizinus, Sonnenblume, Mais, Baumwolle, Flachs, Raps, Kokosnuss, Ölpalme, Färbersafflor (*Carthamus tinctorius*) oder Kakaobohne, Mikroorganismen wie Pilze beispielsweise die Gattung *Mortierella*, *Thraustochytrium*, *Saprolegnia* oder *Pythium*, Bakterien wie die Gattung *Escherichia* oder *Shewanella*, Hefen wie die Gattung *Saccharomyces*, Cyanobakterien, Ciliaten, Algen oder Protozoen wie Dinoflagellaten wie *Cryptocodium* genannt. Bevorzugt werden Organismen, die natürlicherweise Öle in größeren Mengen synthetisieren können wie Pilze wie *Mortierella alpina*, *Pythium insidiosum* oder Pflanzen wie Soja, Raps,
- 35 Kokosnuss, Ölpalme, Färbersafflor, Flachs, Hanf, Rizinus, *Calendula*, Erdnuss, Kakaobohne oder Sonnenblume oder Hefen wie *Saccharomyces cerevisiae*, besonders bevorzugt werden Soja, Flachs, Raps, Färbersafflor, Sonnenblume, *Calendula*, *Mortierella* oder *Saccharomyces cerevisiae*. Prinzipiell sind als Wirtsorganismen neben den vorgenannten transgenen Organismen auch transgene Tiere vorteilhaft nicht-
- 40 humane Tiere geeignet beispielsweise *C. elegans*.

Nutzbare Wirtszellen sind weiterhin genannt in: Goeddel, Gene Expression Technology: Methods in Enzymology 185, Academic Press, San Diego, CA (1990).

Verwendbare Expressionsstämme z.B. solche, die eine geringere Proteaseaktivität aufweisen sind beschrieben in: Gottesman, S., Gene Expression Technology: Methods in Enzymology 185, Academic Press, San Diego, California (1990) 119-128.

- Hierzu gehören Pflanzenzellen und bestimmte Gewebe, Organe und Teile von Pflanzen in all ihren Erscheinungsformen, wie Antheren, Fasern, Wurzelhaare, Stängel, Embryos, Kalli, Kotelydonen, Petiolen, Erntematerial, pflanzliches Gewebe, reproduktives Gewebe und Zellkulturen, das von der eigentlichen transgenen Pflanze abgeleitet ist und/oder dazu verwendet werden kann, die transgene Pflanze hervorzu-
bringen.
- 10 Transgene Pflanzen, die die im erfindungsgemäßen Verfahren synthetisierten mehrfach ungesättigten Fettsäuren enthalten, können vorteilhaft direkt vermarktet werden ohne dass, die synthetisierten Öle, Lipide oder Fettsäuren isoliert werden müssen. Unter Pflanzen im erfindungsgemäßen Verfahren sind ganze Pflanzen sowie alle Pflanzenteile, Pflanzenorgane oder Pflanzenteile wie Blatt, Stiel, Samen, Wurzel, Knollen, Antheren, Fasern, Wurzelhaare, Stängel, Embryos, Kalli, Kotelydonen, Petiolen, Erntematerial, pflanzliches Gewebe, reproduktives Gewebe, Zellkulturen, die sich von der transgenen Pflanze ableiten und/oder dazu verwendet werden können, die transgene Pflanze hervorzubringen. Der Samen umfasst dabei alle Samenteile wie die Samenhüllen, Epidermis- und Samenzellen, Endosperm oder Embryogewebe. Die im erfindungsgemäßen Verfahren hergestellten Verbindungen können aber auch aus den Organismen vorteilhaft Pflanzen in Form ihrer Öle, Fett, Lipide und/oder freien Fettsäuren isoliert werden. Durch dieses Verfahren hergestellte mehrfach ungesättigten Fettsäuren lassen sich durch Ernten der Organismen entweder aus der Kultur, in der sie wachsen, oder vom Feld ernten. Dies kann über Pressen oder Extraktion der Pflanzenteile bevorzugt der Pflanzensamen erfolgen. Dabei können die Öle, Fette, Lipide und/oder freien Fettsäuren durch sogenanntes kalt schlagen oder kalt pressen ohne Zuführung von Wärme durch Pressen gewonnen werden. Damit sich die Pflanzenteile speziell die Samen leichter aufschließen lassen, werden sie vorher zerkleinert, gedämpft oder geröstet. Die so vorbehandelten Samen können anschließend gepresst werden oder mit Lösungsmittel wie warmen Hexan extrahiert werden. Anschließend wird das Lösungsmittel wieder entfernt. Im Falle von Mikroorganismen werden diese nach Ernte beispielsweise direkt ohne weitere Arbeitsschritte extrahiert oder aber nach Aufschluss über verschiedene dem Fachmann bekannte Methoden extrahiert. Auf diese Weise können mehr als 96 % der im Verfahren hergestellten Verbindungen isoliert werden. Anschließend werden die so erhaltenen Produkte weiter bearbeitet, das heißt raffiniert. Dabei werden zunächst beispielsweise die Pflanzenschleime und Trübstoffe entfernt. Die sogenannte Entschleimung kann enzymatisch oder beispielsweise chemisch/physikalisch durch Zugabe von Säure wie Phosphorsäure erfolgen. Anschließend werden die freien Fettsäuren durch Behandlung mit einer Base beispielsweise Natronlauge entfernt. Das erhaltene Produkt wird zur Entfernung der im Produkt verbliebenen Lauge mit Wasser gründlich gewaschen und getrocknet. Um die noch im Produkt enthaltenen Farbstoffe zu entfernen werden die Produkte einer

Bleichung mit beispielsweise Bleicherde oder Aktivkohle unterzogen. Zum Schluss wird das Produkt noch beispielsweise mit Wasserdampf noch desodoriert.

- Vorzugsweise sind die durch dieses Verfahren produzierten PUFAs bzw. LCPUFAs C₁₈-, C₂₀-, C₂₂- oder C₂₄-Fettsäuremoleküle mit mindestens zwei Doppelbindungen im Fettsäuremolekül, vorzugsweise drei, vier, fünf oder sechs Doppelbindungen. Diese C₁₈-, C₂₀-, C₂₂- oder C₂₄-Fettsäuremoleküle lassen sich aus dem Organismus in Form eines Öls, Lipids oder einer freien Fettsäure isolieren. Geeignete Organismen sind beispielsweise die vorstehend erwähnten. Bevorzugte Organismen sind transgene Pflanzen.
- 5
- 10 Eine Ausführungsform der Erfindung sind deshalb Öle, Lipide oder Fettsäuren oder Fraktionen davon, die durch das oben beschriebene Verfahren hergestellt worden sind, besonders bevorzugt Öl, Lipid oder eine Fettsäurezusammensetzung, die PUFAs umfassen und von transgenen Pflanzen herrühren.
- 15 Eine weitere erfindungsgemäße Ausführungsform ist die Verwendung des Öls, Lipids, der Fettsäuren und/oder der Fettsäurezusammensetzung in Futtermitteln, Nahrungsmitteln, Kosmetika oder Pharmazeutika.
- 20 Unter dem Begriff "Öl", "Lipid" oder "Fett" wird ein Fettsäuregemisch verstanden, das ungesättigte, gesättigte, vorzugsweise veresterte Fettsäure(n) enthält. Bevorzugt ist, dass das Öl, Lipid oder Fett einen hohen Anteil an mehrfach ungesättigten freien oder vorteilhaft veresterten Fettsäure(n), insbesondere Linolsäure, γ -Linolensäure, Dihomo- γ -linolensäure, Arachidonsäure, α -Linolensäure, Stearidonsäure, Eicosatetraensäure, Eicosapentaensäure, Docosapentaensäure oder Docosahexaensäure hat. Vorzugsweise ist der Anteil an ungesättigten veresterten Fettsäuren ungefähr 30 %, mehr bevorzugt ist ein Anteil von 50 %, noch mehr bevorzugt ist ein Anteil von 60 %, 70 %, 25 80 % oder mehr. Zur Bestimmung kann z.B. der Anteil an Fettsäure nach Überführung der Fettsäuren in die Methylester durch Umesterung gaschromatographisch bestimmt werden. Das Öl, Lipid oder Fett kann verschiedene andere gesättigte oder ungesättigte Fettsäuren, z.B. Calendulasäure, Palmitin-, Palmitolein-, Stearin-, Ölsäure etc., 30 enthalten. Insbesondere kann je nach Ausgangsorganismus der Anteil der verschiedenen Fettsäuren in dem Öl oder Fett schwanken.
- Bei den im Verfahren hergestellten mehrfach ungesättigte Fettsäuren mit vorteilhaft mindestens zwei Doppelbindungen enthalten, handelt es sich wie oben beschrieben beispielsweise um Sphingolipide, Phosphoglyceride, Lipide, Glycolipide, Phospholipide, Monoacylglycerin, Diacylglycerin, Triacylglycerin oder sonstige Fettsäureester.
- 35 Aus den so im erfindungsgemäßen Verfahren hergestellten mehrfach ungesättigte Fettsäuren mit vorteilhaft mindestens zwei Doppelbindungen lassen sich die enthaltenen mehrfach ungesättigten Fettsäuren beispielsweise über eine Alkalibehandlung beispielsweise wässrige KOH oder NaOH oder saure Hydrolyse vorteilhaft in Gegenwart eines Alkohols wie Methanol oder Ethanol oder über eine enzymatische Abspaltung freisetzen und isolieren über beispielsweise Phasentrennung und anschließender 40

Ansäuerung über z.B. H_2SO_4 . Die Freisetzung der Fettsäuren kann auch direkt ohne die vorhergehend beschriebene Aufarbeitung erfolgen.

Die im Verfahren verwendeten Nukleinsäuren können nach Einbringung in einem Organismus vorteilhaft einer Pflanzenzelle bzw. Pflanze entweder auf einem separaten Plasmid liegen oder in das Genom der Wirtszelle integriert sein. Bei Integration in das Genom kann die Integration zufallsgemäß sein oder durch derartige Rekombination erfolgen, dass das native Gen durch die eingebrachte Kopie ersetzt wird, wodurch die Produktion der gewünschten Verbindung durch die Zelle moduliert wird, oder durch Verwendung eines Gens in trans, so dass das Gen mit einer funktionellen Expressionseinheit, welche mindestens eine die Expression eines Gens gewährleistende Sequenz und mindestens eine die Polyadenylierung eines funktionell transkribierten Gens gewährleistende Sequenz enthält, funktionell verbunden ist. Vorteilhaft werden die Nukleinsäuren über Multiexpressionskassetten oder Konstrukte zur multiparallelen Expression in die Organismen vorteilhaft zur multiparallelen samenspezifischen Expression von Genen in die Pflanzen gebracht.

Moose und Algen sind die einzigen bekannten Pflanzensysteme, die erhebliche Mengen an mehrfach ungesättigten Fettsäuren, wie Arachidonsäure (ARA) und/oder Eicosapentaensäure (EPA) und/oder Docosahexaensäure (DHA) herstellen. Moose enthalten PUFAs in Membranlipiden während Algen, algenverwandte Organismen und einige Pilze auch nennenswerte Mengen an PUFAs in der Triacylglycerolfraction akkumulieren. Daher eignen sich Nukleinsäuremoleküle, die aus solchen Stämmen isoliert werden, die PUFAs auch in der Triacylglycerolfraction akkumulieren, besonders vorteilhaft für das erfindungsgemäße Verfahren und damit zur Modifikation des Lipid- und PUFA-Produktionssystems in einem Wirt, insbesondere Pflanzen, wie Ölfuchtpflanzen, beispielsweise Raps, Canola, Lein, Hanf, Soja, Sonnenblumen, Borretsch. Sie sind deshalb vorteilhaft im erfindungsgemäßen Verfahren verwendbar.

Als Substrate der im erfindungsgemäßen Verfahren verwendeten Nukleinsäuren, die für Polypeptide mit Lysophosphatidsäure Acyltransferase-Aktivität, Glycerin-3-phosphat Acyltransferase-Aktivität, Diacylglycerin Acyltransferase-Aktivität oder Lecithin Cholesterin Acyltransferase-Aktivität codieren, und/oder den weiteren verwendeten Nukleinsäuren wie den Nukleinsäuren, die für Polypeptide des Fettsäure- oder Lipidstoffwechsels ausgewählt aus der Gruppe Acyl-CoA-Dehydrogenase(n), Acyl-ACP [= acyl carrier protein]-Desaturase(n), Acyl-ACP-Thioesterase(n), Fettsäure-Acyl-Transferase(n), Acyl-CoA:Lysophospholipid-Acyltransferase(n), Fettsäure-Synthase(n), Fettsäure-Hydroxylase(n), Acetyl-Coenzym A-Carboxylase(n), Acyl-Coenzym A-Oxidase(n), Fettsäure-Desaturase(n), Fettsäure-Acetylenase(n), Lipoxygenase(n), Triacylglycerol-Lipase(n), Allenoxid-Synthase(n), Hydroperoxid-Lyase(n) oder Fettsäure-Elongase(n) codieren eignen sich vorteilhaft C_{16} -, C_{18} -, C_{20} - oder C_{22} -Fettsäuren. Bevorzugt werden die im Verfahren als Substrate umgesetzten Fettsäuren in Form ihrer Acyl-CoA-Ester umgesetzt.

Zur Herstellung der erfindungsgemäßen langkettiger PUFAs müssen die mehrfach ungesättigten C₁₆- oder C₁₈-Fettsäuren zunächst durch die enzymatische Aktivität einer Desaturase zunächst desaturiert und anschließend über eine Elongase um mindestens zwei Kohlenstoffatome verlängert werden. Nach einer Elongationsrunde führt diese Enzymaktivität zu C₁₈- oder C₂₀-Fettsäuren, und nach zwei oder drei Elongationsrunden zu C₂₂- oder C₂₄-Fettsäuren. Die Aktivität der erfindungsgemäßen Verfahren verwendeten Desaturasen und Elongasen führt vorzugsweise zu C₁₈-, C₂₀-, C₂₂- und/oder C₂₄-Fettsäuren vorteilhaft mit mindestens zwei Doppelbindungen im Fettsäuremolekül, vorzugsweise mit drei, vier oder fünf Doppelbindungen, besonders bevorzugt zu C₂₀- und/oder C₂₂-Fettsäuren mit mindestens zwei Doppelbindungen im Fettsäuremolekül, vorzugsweise mit drei, vier oder fünf Doppelbindungen im Molekül. Nachdem eine erste Desaturierung und die Verlängerung stattgefunden hat, können weitere Desaturierungsschritte wie z.B. eine solche in Δ-5-Position erfolgen. Besonders bevorzugt als Produkte des erfindungsgemäßen Verfahrens sind Dihomo-γ-linolensäure, Arachidonsäure, Eicosapentaensäure, Docosapentaensäure und/oder Docosahexaensäure. Die C₁₈-Fettsäuren mit mindestens zwei Doppelbindungen in der Fettsäure können durch die erfindungsgemäße enzymatische Aktivität in Form der freien Fettsäure oder in Form der Ester, wie Phospholipide, Glycolipide, Sphingolipide, Phosphoglyceride, Monoacylglycerin, Diacylglycerin oder Triacylglycerin, verlängert werden.

Der bevorzugte Biosyntheseort von Fettsäuren, Ölen, Lipiden oder Fette in den vorteilhaft verwendeten Pflanzen ist beispielsweise im allgemeinen der Samen oder Zellschichten des Samens, so dass eine samenspezifische Expression der im Verfahren verwendeten Nukleinsäuren sinnvoll ist. Es ist jedoch naheliegend, dass die Biosynthese von Fettsäuren, Ölen oder Lipiden nicht auf das Samengewebe beschränkt sein muss, sondern auch in allen übrigen Teilen der Pflanze - beispielsweise in Epidermiszellen oder in den Knollen - gewebespezifisch erfolgen kann.

Werden im erfindungsgemäßen Verfahren als Organismen Mikroorganismus wie Hefen wie *Saccharomyces* oder *Schizosaccharomyces*, Pilze wie *Mortierella*, *Aspergillus*, *Phytophthora*, *Entomophthora*, *Mucor* oder *Thraustochytrium* Algen wie *Isochrysis*, *Phaeodactylum* oder *Cryptothecodinium* verwendet, so werden diese Organismen vorteilhaft fermentativ angezogen.

Durch die Verwendung der erfindungsgemäßen Nukleinsäuren, die für eine Lyso-phosphatidsäure Acyltransferase, Glycerin-3-phosphat Acyltransferase, Diacylglycerin Acyltransferase und/oder Lecithin Cholesterin Acyltransferase codieren, können im Verfahren die hergestellten mehrfach ungesättigten Fettsäuren mindestens um 5 % , bevorzugt mindestens um 10 % , besonders bevorzugt mindestens um 20 % , ganz besonders bevorzugt um mindestens 50 % gegenüber dem Wildtyp der Organismen, die die Nukleinsäuren nicht rekombinant enthalten, erhöht werden.

Durch das erfindungsgemäße Verfahren können die hergestellten mehrfach ungesättigten Fettsäuren in den im Verfahren verwendeten Organismen prinzipiell auf zwei

Arten erhöht werden. Es kann vorteilhaft der Pool an freien mehrfach ungesättigten Fettsäuren und/oder der Anteil der über das Verfahren hergestellten veresterten mehrfach ungesättigten Fettsäuren erhöht werden. Vorteilhaft wird durch das erfindungsgemäße Verfahren der Pool an veresterten mehrfach ungesättigten Fettsäuren in den transgenen Organismen erhöht.

Werden im erfindungsgemäßen Verfahren als Organismen Mikroorganismen verwendet, so werden sie je nach Wirtsorganismus in dem Fachmann bekannter Weise angezogen bzw. gezüchtet. Mikroorganismen werden in der Regel in einem flüssigen Medium, das eine Kohlenstoffquelle meist in Form von Zuckern, eine Stickstoffquelle meist in Form von organischen Stickstoffquellen wie Hefeextrakt oder Salzen wie Ammoniumsulfat, Spurenelemente wie Eisen-, Mangan-, Magnesiumsalze und gegebenenfalls Vitamine enthält, bei Temperaturen zwischen 0 °C und 100 °C, bevorzugt zwischen 10 °C bis 60 °C unter Sauerstoffbegasung angezogen. Dabei kann der pH der Nährflüssigkeit auf einen festen Wert gehalten werden, das heißt während der Anzucht reguliert werden oder nicht. Die Anzucht kann batch weise, semi batch weise oder kontinuierlich erfolgen. Nährstoffe können zu Beginn der Fermentation vorgelegt oder semikontinuierlich oder kontinuierlich nachgefüttert werden. Die hergestellten mehrfach ungesättigten Fettsäuren können nach dem Fachmann bekannten Verfahren wie oben beschrieben aus den Organismen isoliert werden. Beispielsweise über Extraktion, Destillation, Kristallisation, ggf. Salzfällung und/oder Chromatographie. Die Organismen können dazu vorher noch vorteilhaft aufgeschlossen werden.

Das erfindungsgemäße Verfahren wird, wenn es sich bei den Wirtsorganismen um Mikroorganismen handelt, vorteilhaft bei einer Temperatur zwischen 0 °C bis 95 °C, bevorzugt zwischen 10 °C bis 85 °C, besonders bevorzugt zwischen 15 °C bis 75 °C, ganz besonders bevorzugt zwischen 15 °C bis 45 °C durchgeführt

Der pH-Wert wird dabei vorteilhaft zwischen pH 4 und 12, bevorzugt zwischen pH 6 und 9, besonders bevorzugt zwischen pH 7 und 8 gehalten.

Das erfindungsgemäße Verfahren kann batchweise, semi-batchweise oder kontinuierlich betrieben werden. Eine Zusammenfassung über bekannte Kultivierungsmethoden ist im Lehrbuch von Chmiel (Bioprozeßtechnik 1. Einführung in die Bioverfahrenstechnik (Gustav Fischer Verlag, Stuttgart, 1991)) oder im Lehrbuch von Storhas (Bioreaktoren und periphere Einrichtungen (Vieweg Verlag, Braunschweig/Wiesbaden, 1994)) zu finden.

Das zu verwendende Kulturmedium hat in geeigneter Weise den Ansprüchen der jeweiligen Stämme zu genügen. Beschreibungen von Kulturmedien verschiedener Mikroorganismen sind im Handbuch "Manual of Methods für General Bacteriology" der American Society für Bacteriology (Washington D. C., USA, 1981) enthalten.

Diese erfindungsgemäß einsetzbaren Medien umfassen wie oben beschrieben gewöhnlich eine oder mehrere Kohlenstoffquellen, Stickstoffquellen, anorganische Salze, Vitamine und/oder Spurenelemente.

- 5 Bevorzugte Kohlenstoffquellen sind Zucker, wie Mono-, Di- oder Polysaccharide. Sehr gute Kohlenstoffquellen sind beispielsweise Glucose, Fructose, Mannose, Galactose, Ribose, Sorbose, Ribulose, Lactose, Maltose, Saccharose, Raffinose, Stärke oder Cellulose. Man kann Zucker auch über komplexe Verbindungen, wie Melassen, oder andere Nebenprodukte der Zucker-Raffinierung zu den Medien geben. Es kann auch vorteilhaft sein, Gemische verschiedener Kohlenstoffquellen zuzugeben. Andere
- 10 mögliche Kohlenstoffquellen sind Öle und Fette wie z. B. Sojaöl, Sonnenblumenöl, Erdnussöl und/oder Kokosfett, Fettsäuren wie z. B. Palmitinsäure, Stearinsäure und/oder Linolsäure, Alkohole und/oder Polyalkohole wie z. B. Glycerin, Methanol und/oder Ethanol und/oder organische Säuren wie z. B. Essigsäure und/oder Milchsäure.

- 15 Stickstoffquellen sind gewöhnlich organische oder anorganische Stickstoffverbindungen oder Materialien, die diese Verbindungen enthalten. Beispielhafte Stickstoffquellen umfassen Ammoniak in flüssiger- oder gasform oder Ammoniumsulfat, Ammoniumchlorid, Ammoniumphosphat, Ammoniumcarbonat oder Ammoniumnitrat, Nitrate, Harnstoff, Aminosäuren oder komplexe Stickstoffquellen, wie
- 20 Maisquellwasser, Sojamehl, Sojaprotein, Hefeextrakt, Fleischextrakt und andere. Die Stickstoffquellen können einzeln oder als Mischung verwendet werden.

Anorganische Salzverbindungen, die in den Medien enthalten sein können, umfassen die Chlorid-, Phosphor- oder Sulfatsalze von Calcium, Magnesium, Natrium, Kobalt, Molybdän, Kalium, Mangan, Zink, Kupfer und Eisen.

- 25 Als Schwefelquelle für die Herstellung von schwefelhaltigen Feinchemikalien, insbesondere von Methionin, können anorganische schwefelhaltige Verbindungen wie beispielsweise Sulfate, Sulfite, Dithionite, Tetrathionate, Thiosulfate, Sulfide aber auch organische Schwefelverbindungen, wie Mercaptane und Thiole, verwendet werden.

- 30 Als Phosphorquelle können Phosphorsäure, Kaliumdihydrogenphosphat oder Dikaliumhydrogenphosphat oder die entsprechenden Natrium haltigen Salze verwendet werden.

Chelatbildner können zum Medium gegeben werden, um die Metallionen in Lösung zu halten. Besonders geeignete Chelatbildner umfassen Dihydroxyphenole, wie Catechol oder Protocatechuat, oder organische Säuren, wie Citronensäure.

- 35 Die erfindungsgemäß zur Kultivierung von Mikroorganismen eingesetzten Fermentationsmedien enthalten üblicherweise auch andere Wachstumsfaktoren, wie Vitamine oder Wachstumsförderer, zu denen beispielsweise Biotin, Riboflavin, Thiamin, Folsäure, Nikotinsäure, Panthothemat und Pyridoxin gehören. Wachstumsfaktoren und Salze stammen häufig von komplexen Medienkomponenten, wie Hefeextrakt, Melas-

- sen, Maisquellwasser und dergleichen. Dem Kulturmedium können überdies geeignete Vorstufen zugesetzt werden. Die genaue Zusammensetzung der Medienverbindungen hängt stark vom jeweiligen Experiment ab und wird für jeden spezifischen Fall individuell entschieden. Information über die Medienoptimierung ist erhältlich aus dem
- 5 Lehrbuch "Applied Microbiol. Physiology, A Practical Approach" (Hrsg. P.M. Rhodes, P.F. Stanbury, IRL Press (1997) S. 53-73, ISBN 0 19 963577 3). Wachstumsmedien lassen sich auch von kommerziellen Anbietern beziehen, wie Standard 1 (Merck) oder BHI (Brain heart infusion, DIFCO) und dergleichen.
- 10 Sämtliche Medienkomponenten werden, entweder durch Hitze (20 min bei 1,5 bar und 121°C) oder durch Sterilfiltration, sterilisiert. Die Komponenten können entweder zusammen oder nötigenfalls getrennt sterilisiert werden. Sämtliche Medienkomponenten können zu Beginn der Anzucht zugegeben sein oder wahlfrei kontinuierlich oder chargenweise hinzugegeben werden.
- 15 Die Temperatur der Kultur liegt normalerweise zwischen 15°C und 45°C, vorzugsweise bei 25°C bis 40°C und kann während des Experimentes konstant gehalten oder verändert werden. Der pH-Wert des Mediums sollte im Bereich von 5 bis 8,5, vorzugsweise um 7,0 liegen. Der pH-Wert für die Anzucht lässt sich während der Anzucht durch Zugabe von basischen Verbindungen wie Natriumhydroxid, Kaliumhydroxid, Ammoniak bzw. Ammoniakwasser oder sauren Verbindungen wie Phosphorsäure oder
- 20 Schwefelsäure kontrollieren. Zur Kontrolle der Schaumentwicklung können Antischaummittel wie z. B. Fettsäurepolyglykolester, eingesetzt werden. Zur Aufrechterhaltung der Stabilität von Plasmiden können dem Medium geeignete selektiv wirkende Stoffe, wie z. B. Antibiotika, hinzugefügt werden. Um aerobe Bedingungen aufrechtzuerhalten, werden Sauerstoff oder Sauerstoff haltige Gasmischungen, wie z. B. Umgebungsluft, in die Kultur eingetragen. Die Temperatur der Kultur liegt normalerweise bei
- 25 20°C bis 45°C und vorzugsweise bei 25°C bis 40°C. Die Kultur wird solange fortgesetzt, bis sich ein Maximum des gewünschten Produktes gebildet hat. Dieses Ziel wird normalerweise innerhalb von 10 Stunden bis 160 Stunden erreicht.
- 30 Die so erhaltenen, insbesondere mehrfach ungesättigte Fettsäuren enthaltenden, Fermentationsbrühen haben üblicherweise eine Trockenmasse von 7,5 bis 25 Gew.-%.
- Die Fermentationsbrühe kann anschließend weiterverarbeitet werden. Je nach Anforderung kann die Biomasse ganz oder teilweise durch Separationsmethoden, wie z. B. Zentrifugation, Filtration, Dekantieren oder einer Kombination dieser Methoden aus der Fermentationsbrühe entfernt oder vollständig in ihr belassen werden. Vorteilhaft wird die Biomasse nach Abtrennung aufgearbeitet.
- 35
- Die Fermentationsbrühe kann aber auch ohne Zellabtrennung mit bekannten Methoden, wie z. B. mit Hilfe eines Rotationsverdampfers, Dünnschichtverdampfers, Fallfilmverdampfers, durch Umkehrosmose, oder durch Nanofiltration, eingedickt beziehungsweise aufkonzentriert werden. Diese aufkonzentrierte Fermentationsbrühe
- 40 kann schließlich zur Gewinnung der darin enthaltenen Fettsäuren aufgearbeitet werden.

Die im Verfahren gewonnenen Fettsäuren eignen sich auch als Ausgangsmaterial für die chemische Synthese von weiteren Wertprodukten. Sie können beispielsweise in Kombination miteinander oder allein zur Herstellung von Pharmaka, Nahrungsmittel, Tierfutter oder Kosmetika verwendet werden.

- 5 Ein weiterer erfindungsgemäßer Gegenstand sind isolierte Nukleinsäuresequenzen, die für Polypeptide mit Lysophosphatidsäure Acyltransferase-Aktivität, Glycerin-3-phosphat Acyltransferase-Aktivität, Diacylglycerin Acyltransferase-Aktivität oder Lecithin Cholesterin Acyltransferase-Aktivität codieren, wobei die durch die Nukleinsäuresequenzen codierten Lysophosphatidsäure Acyltransferasen, Glycerin-3-phosphat Acyltransferasen, Diacylglycerin Acyltransferasen und/oder Lecithin Cholesterin Acyltransferasen spezifisch C₁₈-, C₂₀-, C₂₂- oder C₂₄-Fettsäuren mit mindestens einer Doppelbindungen im Fettsäuremolekül umsetzen und vorteilhaft letztlich in Diacylglyceride und/oder Triacylglyceride einbauen.
- 10
- 15 Vorteilhafte isolierte Nukleinsäuresequenzen sind Sequenzen ausgewählt aus der Gruppe:
- a) einer Nukleinsäuresequenz mit der in SEQ ID NO: 1, SEQ ID NO: 3, SEQ ID NO: 4, SEQ ID NO: 6, SEQ ID NO: 7, SEQ ID NO: 9, SEQ ID NO: 11, SEQ ID NO: 13, SEQ ID NO: 14, SEQ ID NO: 16, SEQ ID NO: 18 oder SEQ ID NO: 20 dargestellten Sequenz,
- 20 b) Nukleinsäuresequenzen, die sich als Ergebnis des degenerierten genetischen Codes von der in SEQ ID NO: 1, SEQ ID NO: 3, SEQ ID NO: 4, SEQ ID NO: 6, SEQ ID NO: 7, SEQ ID NO: 9, SEQ ID NO: 11, SEQ ID NO: 13, SEQ ID NO: 14, SEQ ID NO: 16, SEQ ID NO: 18 oder SEQ ID NO: 20 enthaltenden codierenden Sequenz ableiten lassen.
- 25 c) Derivate der in SEQ ID NO: 1, SEQ ID NO: 3, SEQ ID NO: 4, SEQ ID NO: 6, SEQ ID NO: 7, SEQ ID NO: 9, SEQ ID NO: 11, SEQ ID NO: 13, SEQ ID NO: 14, SEQ ID NO: 16, SEQ ID NO: 18 oder SEQ ID NO: 20 dargestellten Nukleinsäuresequenz, die für Polypeptide mit der in SEQ ID NO: 2, SEQ ID NO: 5, SEQ ID NO: 8, SEQ ID NO: 10, SEQ ID NO: 12, SEQ ID NO: 15, SEQ ID NO: 17, SEQ ID NO: 19 oder SEQ ID NO: 21 dargestellten Aminosäuresequenz codieren und mindestens 40 % Homologie auf Aminosäureebene mit SEQ ID NO: 2, SEQ ID NO: 5, SEQ ID NO: 8, SEQ ID NO: 10, SEQ ID NO: 12, SEQ ID NO: 15, SEQ ID NO: 17, SEQ ID NO: 19 oder SEQ ID NO: 21 aufweisen und eine Lysophosphatidsäure Acyltransferase-Aktivität aufweisen.
- 30
- 35 Weitere vorteilhafte erfindungsgemäßen isolierte Nukleinsäuresequenzen sind Sequenzen ausgewählt aus der Gruppe:
- a) einer Nukleinsäuresequenz mit der in SEQ ID NO: 22, SEQ ID NO: 24 oder SEQ ID NO: 26 dargestellten Sequenz,

23

- b) Nukleinsäuresequenzen, die sich als Ergebnis des degenerierten genetischen Codes von der in SEQ ID NO: 22, SEQ ID NO: 24 oder SEQ ID NO: 26 enthaltenden codierenden Sequenz ableiten lassen
- 5 c) Derivate der in SEQ ID NO: 22, SEQ ID NO: 24 oder SEQ ID NO: 26 dargestellten Nukleinsäuresequenz, die für Polypeptide mit der in SEQ ID NO: 23, SEQ ID NO: 25 oder SEQ ID NO: 27 dargestellten Aminosäuresequenz codieren und mindestens 40 % Homologie auf Aminosäureebene mit SEQ ID NO: 23, SEQ ID NO: 25 oder SEQ ID NO: 27 aufweisen und eine Glycerin-3-phosphat Acyltransferase-Aktivität aufweisen.
- 10 10 Zusätzliche vorteilhafte erfindungsgemäßen isolierte Nukleinsäuresequenzen sind Sequenzen ausgewählt aus der Gruppe:
- a) einer Nukleinsäuresequenz mit der in SEQ ID NO: 28, SEQ ID NO: 30 oder SEQ ID NO: 32 dargestellten Sequenz,
- 15 b) Nukleinsäuresequenzen, die sich als Ergebnis des degenerierten genetischen Codes von der in SEQ ID NO: 28, SEQ ID NO: 30 oder SEQ ID NO: 32 enthaltenden codierenden Sequenz ableiten lassen
- 20 c) Derivate der in SEQ ID NO: 28, SEQ ID NO: 30 oder SEQ ID NO: 32 dargestellten Nukleinsäuresequenz, die für Polypeptide mit der in SEQ ID NO: 29, SEQ ID NO: 31 oder SEQ ID NO: 33 dargestellten Aminosäuresequenz codieren und mindestens 40 % Homologie auf Aminosäureebene mit SEQ ID NO: 29, SEQ ID NO: 31 oder SEQ ID NO: 33 aufweisen und eine Diacylglycerin Acyltransferase-Aktivität aufweisen.
- Eine weitere Gruppe vorteilhafter erfindungsgemäßer isolierte Nukleinsäuresequenzen sind Sequenzen ausgewählt aus der Gruppe:
- 25 a) einer Nukleinsäuresequenz mit der in SEQ ID NO: 34 oder SEQ ID NO: 36 dargestellten Sequenz,
- b) Nukleinsäuresequenzen, die sich als Ergebnis des degenerierten genetischen Codes von der in SEQ ID NO: 34 oder SEQ ID NO: 36 enthaltenden codierenden Sequenz ableiten lassen
- 30 c) Derivate der in SEQ ID NO: 34 oder SEQ ID NO: 36 dargestellten Nukleinsäuresequenz, die für Polypeptide mit der in SEQ ID NO: 35 oder SEQ ID NO: 37 dargestellten Aminosäuresequenz codieren und mindestens 40 % Homologie auf Aminosäureebene mit SEQ ID NO: 35 oder SEQ ID NO: 37 aufweisen und eine Lecithin Cholesterin Acyltransferase-Aktivität aufweisen.
- 35 Mit Hilfe dieser erfindungsgemäßen isolierten Nukleinsäuren lassen sich in LCPUFA-produzierende Organismen LCPUFAs an allen Positionen beispielsweise eines

Triacylglycerins einbauen, wie die Positionsanalysen der Lipide von LCPUFA-produzierenden Organismen zeigten.

5 Die vorgenannten erfindungsgemäßen isolierten Nukleinsäuresequenzen lassen sich vorteilhaft mit den folgenden Nukleinsäuresequenzen kombinieren, die für Polypeptide mit Acyl-CoA:Lysophospholipid-Acyltransferaseaktivität codieren, ausgewählt aus der Gruppe:

- a) einer Nukleinsäuresequenz mit der in SEQ ID NO: 39, SEQ ID NO: 41, SEQ ID NO: 43 oder SEQ ID NO: 45 dargestellten Sequenz,
- 10 b) Nukleinsäuresequenzen, die sich als Ergebnis des degenerierten genetischen Codes von der in SEQ ID NO: 39, SEQ ID NO: 41, SEQ ID NO: 43 oder SEQ ID NO: 45 enthaltenden codierenden Sequenz ableiten lassen
- 15 c) Derivate der in SEQ ID NO: 39, SEQ ID NO: 41, SEQ ID NO: 43 oder SEQ ID NO: 45 dargestellten Nukleinsäuresequenz, die für Polypeptide mit der in SEQ ID NO: 40, SEQ ID NO: 42, SEQ ID NO: 44 oder SEQ ID NO: 46 dargestellten Aminosäuresequenz codieren und mindestens 40 % Homologie auf Aminosäureebene mit SEQ ID NO: 40, SEQ ID NO: 42, SEQ ID NO: 44 oder SEQ ID NO: 46 aufweisen und eine Acyl-CoA:Lysophospholipid-Acyltransferaseaktivität aufweisen.

20 Vorteilhaft stammen alle die im erfindungsgemäßen Verfahren verwendeten Nukleinsäuresequenzen aus einem eukaryontischen Organismus.

Die im Verfahren verwendeten Nukleinsäuresequenzen, die für Proteine mit Lysophosphatidsäure Acyltransferase-Aktivität, Glycerin-3-phosphat Acyltransferase-Aktivität, Diacylglycerin Acyltransferase-Aktivität oder Lecithin Cholesterin Acyltransferase-Aktivität codieren oder für Proteine des Fettsäure- oder Lipidstoffwechsels vorteilhaft für Proteine mit Acyl-CoA:Lysophospholipid-Acyltransferase-, Δ -4-Desaturase-, Δ -5-Desaturase-, Δ -6-Desaturase-, Δ -8-Desaturase-, Δ -9-Desaturase-, Δ -12-Desaturase-, Δ -5-Elongase-, Δ -6-Elongase- oder Δ -9-Elongase-Aktivität, werden vorteilhaft allein oder bevorzugt in Kombination in einer Expressionskassette (= Nukleinsäurekonstrukt), die die Expression der Nukleinsäuren in einem Organismus vorteilhaft einer Pflanze oder einem Mikroorganismus ermöglicht, eingebracht.

30 Zum Einbringen werden die im Verfahren verwendeten Nukleinsäuren vorteilhaft einer Amplifikation und Ligation in bekannter Weise unterworfen. Vorzugsweise geht man in Anlehnung an das Protokoll der Pfu-DNA-Polymerase oder eines Pfu/Taq-DNA-Polymerasegemisches vor. Die Primer werden in Anlehnung an die zu amplifizierende Sequenz gewählt. Zweckmäßigerweise sollten die Primer so gewählt werden, dass das Amplifikat die gesamte kodogene Sequenz vom Start- bis zum Stop-Kodon umfasst. Im Anschluss an die Amplifikation wird das Amplifikat zweckmäßigerweise analysiert. Beispielsweise kann die Analyse nach gelelektrophoretischer Auftrennung hinsichtlich Qualität und Quantität erfolgen. Im Anschluss kann das Amplifikat nach einem

Standardprotokoll gereinigt werden (z.B. Qiagen). Ein Aliquot des gereinigten Amplifikats steht dann für die nachfolgende Klonierung zur Verfügung. Geeignete Klonierungsvektoren sind dem Fachmann allgemein bekannt. Hierzu gehören insbesondere Vektoren, die in mikrobiellen Systemen replizierbar sind, also vor allem Vektoren, die eine effiziente Klonierung in Hefen oder Pilze gewährleisten, und die stabile Transformation von Pflanzen ermöglichen. Zu nennen sind insbesondere verschiedene für die T-DNA-vermittelte Transformation geeignete, binäre und co-integrierte Vektorsysteme. Derartige Vektorsysteme sind in der Regel dadurch gekennzeichnet, dass sie zumindest die für die Agrobakterium-vermittelte Transformation benötigten vir-Gene sowie die T-DNA begrenzenden Sequenzen (T-DNA-Border) beinhalten. Vorzugsweise umfassen diese Vektorsysteme auch weitere cis-regulatorische Regionen wie Promotoren und Terminatoren und/oder Selektionsmarker, mit denen entsprechend transformierte Organismen identifiziert werden können. Während bei co-integrierten Vektorsystemen vir-Gene und T-DNA-Sequenzen auf demselben Vektor angeordnet sind, basieren binäre Systeme auf wenigstens zwei Vektoren, von denen einer vir-Gene, aber keine T-DNA und ein zweiter T-DNA, jedoch kein vir-Gen trägt. Dadurch sind letztere Vektoren relativ klein, leicht zu manipulieren und sowohl in *E.-coli* als auch in *Agrobacterium* zu replizieren. Zu diesen binären Vektoren gehören Vektoren der Serien pBIB-HYG, pPZP, pBecks, pGreen. Erfindungsgemäß bevorzugt verwendet werden Bin19, pBI101, pBinAR, pGPTV und pCAMBIA. Eine Übersicht über binäre Vektoren und ihre Verwendung gibt Hellens et al, Trends in Plant Science (2000) 5, 446–451. Für die Vektorpräparation können die Vektoren zunächst mit Restriktionsendonuklease(n) linearisiert und dann in geeigneter Weise enzymatisch modifiziert werden. Im Anschluss wird der Vektor gereinigt und ein Aliquot für die Klonierung eingesetzt. Bei der Klonierung wird das enzymatisch geschnittenen und erforderlichenfalls gereinigten Amplifikat mit ähnlich präparierten Vektorfragmenten mit Einsatz von Ligase kloniert. Dabei kann ein bestimmtes Nukleinsäurekonstrukt bzw. Vektor- oder Plasmidkonstrukt einen oder auch mehrere kodogene Genabschnitte aufweisen. Vorzugsweise sind die kodogenen Genabschnitte in diesen Konstrukten mit regulatorischen Sequenzen funktional verknüpft. Zu den regulatorischen Sequenzen gehören insbesondere pflanzliche Sequenzen wie die oben beschriebenen Promotoren und Terminatoren. Die Konstrukte lassen sich vorteilhafterweise in Mikroorganismen, insbesondere *Escherichia coli* und *Agrobacterium tumefaciens*, unter selektiven Bedingungen stabil propagieren und ermöglichen einen Transfer von heterologer DNA in Pflanzen oder Mikroorganismen.

Unter der vorteilhaften Verwendung von Klonierungsvektoren können die im Verfahren verwendeten Nukleinsäuren, die erfinderischen Nukleinsäuren und Nukleinsäurekonstrukte in Organismen wie Mikroorganismen oder vorteilhaft Pflanzen eingebracht werden und damit bei der Pflanzentransformation verwendet werden, wie denjenigen, die veröffentlicht sind in und dort zitiert sind: Plant Molecular Biology and Biotechnology (CRC Press, Boca Raton, Florida), Kapitel 6/7, S. 71-119 (1993); F.F. White, Vectors for Gene Transfer in Higher Plants; in: Transgenic Plants, Bd. 1, Engineering and Utilization, Hrsgb.: Kung und R. Wu, Academic Press, 1993, 15-38; B. Jenes et al., Techniques for Gene Transfer, in: Transgenic Plants, Bd. 1, Enginee-

ring and Utilization, Hrsgb.: Kung und R. Wu, Academic Press (1993), 128-143; Potrykus, Annu. Rev. Plant Physiol. Plant Molec. Biol. 42 (1991), 205-225)). Die im Verfahren verwendeten Nukleinsäuren, die erfinderischen Nukleinsäuren und Nukleinsäurekonstrukte und/oder Vektoren lassen sich damit zur gentechnologischen Veränderung eines breiten Spektrums an Organismen vorteilhaft an Pflanzen verwenden, so dass diese bessere und/oder effizientere Produzenten von PUFAs werden.

- Es gibt eine Reihe von Mechanismen, durch die die Veränderung eines erfindungsgemäßen Lysophosphatidsäure Acyltransferase-, Glycerin-3-phosphat Acyltransferase-, Diacylglycerin Acyltransferase- oder Lecithin Cholesterin Acyltransferase-Proteins die Ausbeute, Produktion und/oder Effizienz der Produktion einer Feinchemikalie aus einer Ölfruchtpflanze oder einem Mikroorganismus aufgrund eines veränderten Proteins direkt beeinflussen kann. Die Anzahl oder Aktivität des Lysophosphatidsäure Acyltransferase-, Glycerin-3-phosphat Acyltransferase-, Diacylglycerin Acyltransferase- oder Lecithin Cholesterin Acyltransferase-Proteins oder -Gens sowie von Genkombinationen mit z.B. Acyl-CoA:Lysophospholipid-Acyltransferasen, Desaturasen und/oder Elongasen kann erhöht sein, so dass größere Mengen der produzierten Verbindungen de novo hergestellt werden, weil den Organismen diese Aktivität und Fähigkeit zur Biosynthese vor dem Einbringen des/der entsprechenden Gens/Gene fehlte. Entsprechendes gilt für die Kombination mit weiteren Desaturasen oder Elongasen oder weiteren Enzymen aus dem Fettsäure- und Lipidstoffwechsel. Auch die Verwendung verschiedener divergenter, d.h. auf DNA-Sequenzebene unterschiedlicher Sequenzen kann dabei vorteilhaft sein bzw. die Verwendung von Promotoren zur Genexpression, die eine andere zeitliche Genexpression z.B. abhängig vom Reifegrad eines Samens oder Öl-speichernden Gewebes ermöglicht.
- 25 Durch das Einbringen eines Lysophosphatidsäure Acyltransferase-, Glycerin-3-phosphat Acyltransferase-, Diacylglycerin Acyltransferase-, Lecithin Cholesterin Acyltransferase-, Acyl-CoA:Lysophospholipid-Acyltransferase-, Desaturase- und/oder Elongase-Gens oder mehrerer Lysophosphatidsäure Acyltransferase-, Glycerin-3-phosphat Acyltransferase-, Diacylglycerin Acyltransferase-, Lecithin Cholesterin Acyltransferase-, Acyl-CoA:Lysophospholipid-Acyltransferasen-, Desaturase- und/oder Elongase-Gene in einen Organismus allein oder in Kombination mit anderen Genen in eine Zelle kann nicht nur den Biosynthesefluss zum Endprodukt erhöht, sondern auch die entsprechende Triacylglycerin-Zusammensetzung erhöht oder de novo geschaffen werden. Ebenso kann die Anzahl oder Aktivität anderer Gene, die am Import von Nährstoffen, die zur Biosynthese einer oder mehrerer Feinchemikalien (z.B. Fettsäuren, polaren und neutralen Lipiden) nötig sind, erhöht sein, so dass die Konzentration dieser Vorläufer, Cofaktoren oder Zwischenverbindungen innerhalb der Zellen oder innerhalb des Speicherkompartiments erhöht ist, wodurch die Fähigkeit der Zellen zur Produktion von PUFAs, wie im folgenden beschrieben, weiter gesteigert wird.
- 40 Fettsäuren und Lipide sind selbst als Feinchemikalien wünschenswert; durch Optimierung der Aktivität oder Erhöhung der Anzahl einer oder mehrerer Lysophosphatidsäure Acyltransferase-, Glycerin-3-phosphat Acyltransferase-, Diacylglycerin Acyltransferase-, Lecithin Cholesterin Acyltransferase-, Acyl-CoA:Lysophospholipid-Acyltransferase-,

Desaturase- und/oder Elongase-Gene, die an der Biosynthese dieser Verbindungen beteiligt sind, oder durch Zerstören der Aktivität einer oder mehrerer Gene, die am Abbau dieser Verbindungen beteiligt sind, kann es möglich sein, die Ausbeute, Produktion und/oder Effizienz der Produktion von Fettsäure- und Lipidmolekülen aus Organismen und vorteilhaft aus Pflanzen zu steigern.

Die im erfindungsgemäßen Verfahren verwendeten isolierten Nukleinsäuremoleküle codieren für Proteine oder Teile von diesen, wobei die Proteine oder das einzelne Protein oder Teile davon eine Aminosäuresequenz enthält, die ausreichend homolog zu einer Aminosäuresequenz der Sequenz SEQ ID NO: 2, SEQ ID NO: 5, SEQ ID NO: 8, SEQ ID NO: 10, SEQ ID NO: 12, SEQ ID NO: 15, SEQ ID NO: 17, SEQ ID NO: 19, SEQ ID NO: 21, SEQ ID NO: 23, SEQ ID NO: 25, SEQ ID NO: 27, SEQ ID NO: 29, SEQ ID NO: 31, SEQ ID NO: 33, SEQ ID NO: 35 oder SEQ ID NO: 37 ist, so dass das Protein oder der Teil davon eine aufweisen und eine äquivalente Lysophosphatidsäure Acyltransferase-Aktivität, Glycerin-3-phosphat Acyltransferase-Aktivität, Diacylglycerin Acyltransferase-Aktivität oder Lecithin Cholesterin Acyltransferase-Aktivität beibehält. Vorzugsweise hat das Protein oder der Teil davon, das/der von dem Nukleinsäuremolekül kodiert wird, noch seine wesentliche enzymatische Aktivität und die Fähigkeit, am Stoffwechsel von zum Aufbau von Zellmembranen oder Lipidkörperchen in Organismen vorteilhaft in Pflanzen notwendigen Verbindungen oder am Transport von Molekülen über diese Membranen teilzunehmen noch hat. Vorteilhaft ist das von den Nukleinsäuremolekülen kodierte Protein zu mindestens etwa 40 %, vorzugsweise mindestens etwa 60 % und stärker bevorzugt mindestens etwa 70 %, 80 % oder 90 % und am stärksten bevorzugt mindestens etwa 95 %, 96 %, 97 %, 98 %, 99 % oder mehr homolog zu einer Aminosäuresequenz der Sequenz SEQ ID NO: 2, SEQ ID NO: 5, SEQ ID NO: 8, SEQ ID NO: 10, SEQ ID NO: 12, SEQ ID NO: 15, SEQ ID NO: 17, SEQ ID NO: 19, SEQ ID NO: 21, SEQ ID NO: 23, SEQ ID NO: 25, SEQ ID NO: 27, SEQ ID NO: 29, SEQ ID NO: 31, SEQ ID NO: 33, SEQ ID NO: 35 oder SEQ ID NO: 37. Im Sinne der Erfindung ist unter Homologie oder homolog, Identität oder identisch zu verstehen.

Unter wesentlicher enzymatischer Aktivität der verwendeten erfindungsgemäßen Lysophosphatidsäure Acyltransferasen, Glycerin-3-phosphat Acyltransferasen, Diacylglycerin Acyltransferasen oder Lecithin Cholesterin Acyltransferasen ist zu verstehen, dass sie gegenüber den durch die Sequenz mit SEQ ID NO: 1, SEQ ID NO: 3, SEQ ID NO: 4, SEQ ID NO: 6, SEQ ID NO: 7, SEQ ID NO: 9, SEQ ID NO: 11, SEQ ID NO: 13, SEQ ID NO: 14, SEQ ID NO: 16, SEQ ID NO: 18, SEQ ID NO: 20, SEQ ID NO: 22, SEQ ID NO: 24, SEQ ID NO: 26, SEQ ID NO: 28, SEQ ID NO: 30, SEQ ID NO: 32, SEQ ID NO: 34 oder SEQ ID NO: 36 und deren Derivate codierten Proteinen/Enzymen im Vergleich noch mindestens eine enzymatische Aktivität von mindestens 10 %, bevorzugt 20 %, besonders bevorzugt 30 % und ganz besonders 40 % aufweisen und damit am Stoffwechsel von zum Aufbau von Fettsäuren, Fettsäureester wie Diacylglyceride und/oder Triacylglyceride in einem Organismus vorteilhaft einer Pflanzenzelle notwendigen Verbindungen oder am Transport von Molekülen über Membranen teilnehmen können, wobei desaturierte C18-, C20-, C22- oder C24-

Kohlenstoffketten im Fettsäuremolekül mit Doppelbindungen an mindestens zwei, vorteilhaft drei, vier oder fünf Stellen gemeint sind.

Vorteilhaft im Verfahren verwendbare Nukleinsäuren stammen aus Bakterien Pilzen oder Pflanzen wie Algen oder Moosen wie den Gattungen *Shewanella*, *Physcomitrella*,
5 *Thraustochytrium*, *Fusarium*, *Phytophthora*, *Ceratodon*, *Isochrysis*, *Aleurita*, *Muscarioides*, *Mortierella*, *Borago*, *Phaeodactylum*, *Cryptocodinium* oder aus Nematoden wie *Caenorhabditis*, speziell aus den Gattungen und Arten *Shewanella hanedai*, *Physcomitrella patens*, *Phytophthora infestans*, *Fusarium gramineum*, *Cryptocodinium cohnii*,
10 *Ceratodon purpureus*, *Isochrysis galbana*, *Aleurita farinosa*, *Muscarioides viallii*, *Mortierella alpina*, *Borago officinalis*, *Phaeodactylum tricornutum* oder besonders vorteilhaft aus *Caenorhabditis elegans*.

Alternativ können die verwendeten isolierten Nukleotidsequenzen für Lysophosphatid-
säure Acyltransferasen, Glycerin-3-phosphat Acyltransferasen, Diacylglycerin A-
cyltransferasen oder Lecithin Cholesterin Acyltransferasen codieren, die an eine
15 Nukleotidsequenz der SEQ ID NO: 1, SEQ ID NO: 3, SEQ ID NO: 4, SEQ ID NO: 6,
SEQ ID NO: 7, SEQ ID NO: 9, SEQ ID NO: 11, SEQ ID NO: 13, SEQ ID NO: 14, SEQ
ID NO: 16, SEQ ID NO: 18, SEQ ID NO: 20, SEQ ID NO: 22, SEQ ID NO: 24, SEQ ID
NO: 26, SEQ ID NO: 28, SEQ ID NO: 30, SEQ ID NO: 32, SEQ ID NO: 34 oder SEQ
ID NO: 36 hybridisieren, z.B. unter stringenten Bedingungen hybridisieren.

20 Die im Verfahren verwendeten Nukleinsäuresequenzen werden vorteilhaft in einer Expressionskassette, die die Expression der Nukleinsäuren in Organismen wie Mikroorganismen oder Pflanzen ermöglicht, eingebracht.

Dabei werden die Nukleinsäuresequenzen, die für die erfinderischen Lysophosphatid-
säure Acyltransferasen, Glycerin-3-phosphat Acyltransferasen, Diacylglycerin A-
cyltransferasen oder Lecithin Cholesterin Acyltransferasen codieren sowie die Nuklein-
25 säuresequenzen, die für die in Kombination verwendeten Acyl-CoA:Lysophospholipid-
Acyltransferasen, die Desaturasen und/oder die Elongasen codieren, mit einem oder mehreren Regulationssignalen vorteilhafterweise zur Erhöhung der Genexpression funktionell verknüpft. Diese regulatorischen Sequenzen sollen die gezielte Expression
30 der Gene und der Proteinexpression ermöglichen. Dies kann beispielsweise je nach Wirtsorganismus bedeuten, dass das Gen erst nach Induktion exprimiert und/oder überexprimiert wird, oder dass es sofort exprimiert und/oder überexprimiert wird. Beispielsweise handelt es sich bei diesen regulatorischen Sequenzen um
Sequenzen an die Induktoren oder Repressoren binden und so die Expression der
35 Nukleinsäure regulieren. Zusätzlich zu diesen neuen Regulationssequenzen oder anstelle dieser Sequenzen kann die natürliche Regulation dieser Sequenzen vor den eigentlichen Strukturgenen noch vorhanden sein und gegebenenfalls genetisch verändert worden sein, so dass die natürliche Regulation ausgeschaltet und die Expression der Gene erhöht wurde. Die Expressionskassette (= Expressionskonstrukt
40 = Genkonstrukt) kann aber auch einfacher aufgebaut sein, das heißt es wurden keine zusätzlichen Regulationssignale vor die Nukleinsäuresequenz oder dessen Derivate

inseriert und der natürliche Promotor mit seiner Regulation wurde nicht entfernt. Stattdessen wurde die natürliche Regulationssequenz so mutiert, dass keine Regulation mehr erfolgt und/oder die Genexpression gesteigert wird. Diese veränderten Promotoren können in Form von Teilsequenzen (= Promotor mit Teilen der erfundungs-
5 gemäßen Nukleinsäuresequenzen) auch allein vor das natürliche Gen zur Steigerung der Aktivität gebracht werden. Das Genkonstrukt kann außerdem vorteilhafterweise auch eine oder mehrere sogenannte "enhancer Sequenzen" funktionell verknüpft mit dem Promotor enthalten, die eine erhöhte Expression der Nukleinsäuresequenz ermöglichen. Auch am 3'-Ende der DNA-Sequenzen können zusätzliche vorteilhafte
10 Sequenzen inseriert werden wie weitere regulatorische Elemente oder Terminatoren. Die Lysophosphatidsäure Acyltransferase-, Glycerin-3-phosphat Acyltransferase-, Diacylglycerin Acyltransferase- oder Lecithin Cholesterin Acyltransferase-Gene sowie die vorteilhaft verwendeten Acyl-CoA:Lysophospholipid-Acyltransferase-, Δ -4-Desaturase-, Δ 5-Desaturase-, Δ -6-Desaturase- und/oder Δ -8-Desaturase-Gene
15 und/oder die Δ -5-Elongase-, Δ -6-Elongase- und/oder Δ -9-Elongase-Gene können in einer oder mehreren Kopien in der Expressionskassette (= Genkonstrukt) enthalten sein. Vorteilhaft liegt nur jeweils eine Kopie der Gene in der Expressionskassette vor. Dieses Genkonstrukt oder die Genkonstrukte können zusammen im Wirtsorganismus exprimiert werden. Dabei kann das Genkonstrukt oder die Genkonstrukte in einem -
20 oder mehreren Vektoren inseriert sein und frei in der Zelle vorliegen oder aber im Genom inseriert sein. Es ist vorteilhaft für die Insertion weiterer Gene im Wirtsgenom, wenn die zu exprimierenden Gene zusammen in einem Genkonstrukt vorliegen.

Die regulatorischen Sequenzen bzw. Faktoren können dabei wie oben beschrieben vorzugsweise die Genexpression der eingeführten Gene positiv beeinflussen und
25 dadurch erhöhen. So kann eine Verstärkung der regulatorischen Elemente vorteilhafterweise auf der Transkriptionsebene erfolgen, indem starke Transkriptionssignale wie Promotoren und/oder "Enhancer" verwendet werden. Daneben ist aber auch eine Verstärkung der Translation möglich, indem beispielsweise die Stabilität der mRNA verbessert wird.

30 Eine weitere Ausführungsform der Erfindung sind ein oder mehrere Genkonstrukte, die eine oder mehrere Sequenzen enthalten, die durch SEQ ID NO: 1, SEQ ID NO: 3, SEQ ID NO: 4, SEQ ID NO: 6, SEQ ID NO: 7, SEQ ID NO: 9, SEQ ID NO: 11, SEQ ID NO: 13, SEQ ID NO: 14, SEQ ID NO: 16, SEQ ID NO: 18, SEQ ID NO: 20, SEQ ID NO: 22, SEQ ID NO: 24, SEQ ID NO: 26, SEQ ID NO: 28, SEQ ID NO: 30, SEQ ID NO: 32,
35 SEQ ID NO: 34 oder SEQ ID NO: 36 oder dessen Derivate definiert sind und für Polypeptide gemäß SEQ ID NO: 2, SEQ ID NO: 5, SEQ ID NO: 8, SEQ ID NO: 10, SEQ ID NO: 12, SEQ ID NO: 15, SEQ ID NO: 17, SEQ ID NO: 19, SEQ ID NO: 21, SEQ ID NO: 23, SEQ ID NO: 25, SEQ ID NO: 27, SEQ ID NO: 29, SEQ ID NO: 31, SEQ ID NO: 33, SEQ ID NO: 35 oder SEQ ID NO: 37 kodieren. Die genannten
40 Lysophosphatidsäure Acyltransferasen, Glycerin-3-phosphat Acyltransferasen, Diacylglycerin Acyltransferasen oder Lecithin Cholesterin Acyltransferasen führen dabei vorteilhaft zu einem Austausch bzw. Einbau der Fettsäuren zwischen dem Mono-, Di- und/oder Triglyceridpool der Zelle und dem CoA-Fettsäureester-Pool, wobei das

Substrat vorteilhaft ein, zwei, drei, vier oder fünf Doppelbindungen aufweist und vorteilhaft 18, 20, 22 oder 24 Kohlenstoffatome im Fettsäuremolekül aufweist. Gleiches gilt für ihre Homologen, Derivate oder Analoga, die funktionsfähig mit einem oder mehreren Regulationssignalen, vorteilhafterweise zur Steigerung der Genexpression, verbunden sind.

Vorteilhafte Regulationssequenzen für das neue Verfahren liegen beispielsweise in Promotoren vor, wie dem *cos*-, *tac*-, *trp*-, *tet*-, *trp-tet*-, *lpp*-, *lac*-, *lpp-lac*-, *lacIq*-, *T7*-, *T5*-, *T3*-, *gal*-, *trc*-, *ara*-, *SP6*-, λ -PR- oder λ -PL-Promotor und werden vorteilhafterweise in Gram-negativen Bakterien angewendet. Weitere vorteilhafte Regulationssequenzen liegen beispielsweise in den Gram-positiven Promotoren *amy* und *SPO2*, in den Hefe- oder Pilzpromotoren *ADC1*, *MF α* , *AC*, *P-60*, *CYC1*, *GAPDH*, *TEF*, *rp28*, *ADH* oder in den Pflanzenpromotoren *CaMV/35S* [Franck et al., *Cell* 21 (1980) 285–294], *PRP1* [Ward et al., *Plant. Mol. Biol.* 22 (1993)], *SSU*, *OCS*, *lib4*, *usp*, *STLS1*, *B33*, *nos* oder im Ubiquitin- oder Phaseolin-Promotor vor. In diesem Zusammenhang vorteilhaft sind ebenfalls induzierbare Promotoren, wie die in EP-A-0 388 186 (Benzylsulfonamid-induzierbar), *Plant J.* 2, 1992:397–404 (Gatz et al., Tetracyclin-induzierbar), EP-A-0 335 528 (Abzissinsäure-induzierbar) oder WO 93/21334 (Ethanol- oder Cyclohexenol-induzierbar) beschriebenen Promotoren. Weitere geeignete Pflanzenpromotoren sind der Promotor von cytosolischer FBPase oder der ST-LSI-Promotor der Kartoffel (Stockhaus et al., *EMBO J.* 8, 1989, 2445), der Phosphoribosylpyrophosphatamidotransferase-Promotor aus *Glycine max* (Genbank-Zugangsnr. U87999) oder der in EP-A-0 249 676 beschriebene nodienspezifische Promotor. Besonders vorteilhafte Promotoren sind Promotoren, welche die Expression in Geweben ermöglichen, die an der Fettsäurebiosynthese beteiligt sind. Ganz besonders vorteilhaft sind samenspezifische Promotoren, wie der ausführungsgemäße USP Promotor aber auch andere Promotoren wie der *LeB4*-, *DC3*, Phaseolin- oder Napin-Promotor. Weitere besonders vorteilhafte Promotoren sind samenspezifische Promotoren, die für monokotyle oder dikotyle Pflanzen verwendet werden können und in US 5,608,152 (Napin-Promotor aus Raps), WO 98/45461 (Oleosin-Promotor aus *Arabidopsis*), US 5,504,200 (Phaseolin-Promotor aus *Phaseolus vulgaris*), WO 91/13980 (*Bce4*-Promotor aus Brassica), von Baeumlein et al., *Plant J.*, 2, 2, 1992:233–239 (*LeB4*-Promotor aus einer Leguminose) beschrieben sind, wobei sich diese Promotoren für Dikotyledonen eignen. Die folgenden Promotoren eignen sich beispielsweise für Monokotyledonen *lpt-2*- oder *lpt-1*-Promotor aus Gerste (WO 95/15389 und WO 95/23230), Hordein-Promotor aus Gerste und andere, in WO 99/16890 beschriebene geeignete Promotoren.

Es ist im Prinzip möglich, alle natürlichen Promotoren mit ihren Regulationssequenzen, wie die oben genannten, für das neue Verfahren zu verwenden. Es ist ebenfalls möglich und vorteilhaft, zusätzlich oder alleine synthetische Promotoren zu verwenden, besonders wenn sie eine Samen-spezifische Expression vermitteln, wie z.B. beschrieben in WO 99/16890.

Um einen besonders hohen Gehalt an PUFAs vor allem in transgenen Pflanzen zu erzielen, sollten die PUFA-Biosynthesegene vorteilhaft samenspezifisch in Ölsaaten exprimiert werden. Hierzu können Samen-spezifische Promotoren verwendet werden, bzw. solche Promotoren die im Embryo und/oder im Endosperm aktiv sind. Samen-spezifische Promotoren können prinzipiell sowohl aus dikotyledonen als auch aus monokotyledonen Pflanzen isoliert werden. Im folgenden sind vorteilhafte bevorzugte Promotoren aufgeführt: USP (= unknown seed protein) und Vicilin (*Vicia faba*) [Bäumlein et al., Mol. Gen. Genet., 1991, 225(3)], Napin (Raps) [US 5,608,152], Acyl-Carrier Protein (Raps) [US 5,315,001 und WO 92/18634], Oleosin (*Arabidopsis thaliana*) [WO 98/45461 und WO 93/20216], Phaseolin (*Phaseolus vulgaris*) [US 5,504,200], Bce4 [WO 91/13980], Leguminosen B4 (LegB4-Promotor) [Bäumlein et al., Plant J., 2,2, 1992], Lpt2 und Lpt1 (Gerste) [WO 95/15389 u. WO95/23230], Samen-spezifische Promotoren aus Reis, Mais u. Weizen [WO 99/16890], Amy32b, Amy 6-6 und Aleurain [US 5,677,474], Bce4 (Raps) [US 5,530,149], Glycinin (Soja) [EP 571 741], Phosphoenol-Pyruvatcarboxylase (Soja) [JP 06/62870], ADR12-2 (Soja) [WO 98/08962], Isocitratlyase (Raps) [US 5,689,040] oder α -Amylase (Gerste) [EP 781 849].

Die Pflanzengenexpression lässt sich auch über einen chemisch induzierbaren Promotor erleichtern (siehe eine Übersicht in Gatz 1997, Annu. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol., 48:89-108). Chemisch induzierbare Promotoren eignen sich besonders, wenn gewünscht wird, dass die Genexpression auf zeitspezifische Weise erfolgt. Beispiele für solche Promotoren sind ein Salicylsäure-induzierbarer Promotor (WO 95/19443), ein Tetracyclin-induzierbarer Promotor (Gatz et al. (1992) Plant J. 2, 397-404) und ein Ethanol-induzierbarer Promotor.

Um eine stabile Integration der Biosynthesegene in die transgene Pflanze über mehrere Generation sicherzustellen, sollte jede der im Verfahren verwendeten Nukleinsäuren, die für die Lysophosphatidsäure Acyltransferase, Glycerin-3-phosphat Acyltransferase; Diacylglycerin Acyltransferase und/oder die Lecithin Cholesterin Acyltransferase, die vorteilhafte Acyl-CoA:Lysophospholipid-Acyltransferase, Δ -4-Desaturase, die Δ -5-Desaturase, die Δ -6-Desaturase, die Δ -8-Desaturase und/oder die Δ -5-Elongase, die Δ -6-Elongase und/oder die Δ -9-Elongase codieren, unter der Kontrolle eines eigenen bevorzugt eines unterschiedlichen Promotors exprimiert werden, da sich wiederholende Sequenzmotive zu Instabilität der T-DNA bzw. zu Rekombinationsereignissen führen können. Die Expressionskassette ist dabei vorteilhaft so aufgebaut, dass einem Promotor eine geeignete Schnittstelle zur Insertion der zu exprimierenden Nukleinsäure folgt vorteilhaft in einem Polylinker anschließend gegebenenfalls ein Terminator hinter dem Polylinker liegt. Diese Abfolge wiederholt sich mehrfach bevorzugt drei-, vier- oder fünfmal, so dass bis zu fünf Gene in einem Konstrukt zusammengeführt werden und so zur Expression in die transgene Pflanze eingebracht werden können. Vorteilhaft wiederholt sich die Abfolge bis zu dreimal. Die Nukleinsäuresequenzen werden zur Expression über die geeignete Schnittstelle beispielsweise im Polylinker hinter den Promotor inseriert. Vorteilhaft hat jede Nukleinsäuresequenz ihren eigenen Promotor und gegebenenfalls ihren eigenen Terminator. Es ist aber auch möglich mehrere Nukleinsäuresequenzen hinter einem Promotor und

- ggf. vor einem Terminator zu inserieren. Dabei ist die Insertionsstelle bzw. die Abfolge der inserierten Nukleinsäuren in der Expressionskassette nicht von entscheidender Bedeutung, das heißt eine Nukleinsäuresequenz kann an erster oder letzter Stelle in der Kassette inseriert sein, ohne dass dadurch die Expression wesentlich beeinflusst wird. Es können in der Expressionskassette vorteilhaft unterschiedliche Promotoren wie beispielsweise der USP-, LegB4 oder DC3-Promotor und unterschiedliche Terminatoren verwendet werden. Es ist aber auch möglich nur einen Promotortyp in der Kassette zu verwenden. Dies kann jedoch zu unerwünschten Rekombinationseignissen führen.
- 5
- 10 Wie oben beschrieben sollte die Transkription der eingebrachten Gene vorteilhaft durch geeignete Terminatoren am 3'-Ende der eingebrachten Biosynthesegene (hinter dem Stoppcodon) abgebrochen werden. Verwendet werden kann hier z.B. der OCS1 Terminator. Wie auch für die Promotoren, so sollten hier für jedes Gen unterschiedliche Terminatorsequenzen verwendet werden.
- 15 Das Genkonstrukt kann, wie oben beschrieben, auch weitere Gene umfassen, die in die Organismen eingebracht werden sollen. Es ist möglich und vorteilhaft, in die Wirtsorganismen Regulationsgene, wie Gene für Induktoren, Repressoren oder Enzyme, welche durch ihre Enzymaktivität in die Regulation eines oder mehrerer Gene eines Biosynthesewegs eingreifen, einzubringen und darin zu exprimieren. Diese Gene können heterologen oder homologen Ursprungs sein. Weiterhin können vorteilhaft im Nukleinsäurekonstrukt bzw. Genkonstrukt weitere Biosynthesegene des Fettsäure- oder Lipidstoffwechsels enthalten sein oder aber diese Gene können auf einem weiteren oder mehreren weiteren Nukleinsäurekonstrukten liegen. Vorteilhaft werden als Biosynthesegene des Fettsäure- oder Lipidstoffwechsels ein Gen ausgewählt aus der Gruppe Acyl-CoA-Dehydrogenase(n), Acyl-ACP[= acyl carrier protein]-Desaturase(n), Acyl-ACP-Thioesterase(n), Fettsäure-Acyl-Transferase(n), Acyl-CoA:Lysophospholipid-Acyltransferase(n), Fettsäure-Synthase(n), Fettsäure-Hydroxylase(n), Acetyl-Coenzym A-Carboxylase(n), Acyl-Coenzym A-Oxidase(n), Fettsäure-Desaturase(n), Fettsäure-Acetylenase(n), Lipoxxygenase(n), Triacylglycerol-Lipase(n), Allenoxid-Synthase(n), Hydroperoxid-Lyase(n) oder Fettsäure-Elongase(n) oder deren Kombinationen verwendet. Besonders vorteilhafte Nukleinsäuresequenzen sind Biosynthesegene des Fettsäure- oder Lipidstoffwechsels ausgewählt aus der Gruppe der Acyl-CoA:Lysophospholipid-Acyltransferase, Δ -4-Desaturase-, Δ -5-Desaturase-, Δ -6-Desaturase-, Δ -8-Desaturase-, Δ -9-Desaturase-, Δ -12-Desaturase-, Δ -5-Elongase-, Δ -6-Elongase- oder Δ -9-Elongase.
- 20
- 25
- 30
- 35
- Dabei können die vorgenannten Nukleinsäuren bzw. Gene in Kombination mit anderen Elongasen und Desaturasen in erfindungsgemäßen Expressionskassetten kloniert werden und zur Transformation von Pflanzen mithilfe von Agrobakterium eingesetzt werden.
- 40 Die regulatorischen Sequenzen bzw. Faktoren können dabei wie oben beschrieben vorzugsweise die Genexpression der eingeführten Gene positiv beeinflussen und

dadurch erhöhen. So kann eine Verstärkung der regulatorischen Elemente vorteilhaft-
erweise auf der Transkriptionsebene erfolgen, indem starke Transkriptionssignale wie
Promotoren und/oder "Enhancer" verwendet werden. Daneben ist aber auch eine
Verstärkung der Translation möglich, indem beispielsweise die Stabilität der mRNA
5 verbessert wird. Die Expressionskassetten können prinzipiell direkt zum Einbringen
in die Pflanze verwendet werden oder aber in einen Vektoren eingebracht werden.

Diese vorteilhaften Vektoren, vorzugsweise Expressionsvektoren, enthalten die im
Verfahren verwendeten Nukleinsäuren, die für Lysophosphatidsäure Acyltransferasen,
Glycerin-3-phosphat Acyltransferasen, Diacylglycerin Acyltransferasen oder Lecithin
10 Cholesterin Acyltransferasen codieren, oder ein Nukleinsäurekonstrukt, die die
verwendeten Nukleinsäure allein oder in Kombination mit weiteren Biosynthesegenen
des Fettsäure- oder Lipidstoffwechsels wie den Acyl-CoA:Lysophospholipid-
Acyltransferasen, Δ -4-Desaturase, Δ -5-Desaturase, Δ -6-Desaturase, Δ -8-Desaturase,
 Δ -9-Desaturase, Δ -12-Desaturase, Δ -5-Elongase, Δ -6-Elongase und/oder Δ -9-
15 Elongase. Wie hier verwendet, betrifft der Begriff "Vektor" ein Nukleinsäuremolekül,
das eine andere Nukleinsäure transportieren kann, an welche es gebunden ist.
Ein Vektortyp ist ein "Plasmid", was für eine zirkuläre doppelsträngige DNA-Schleife
steht, in die zusätzlichen DNA-Segmente ligiert werden können. Ein weiterer Vektortyp
ist ein viraler Vektor, wobei zusätzliche DNA-Segmente in das virale Genom ligiert
20 werden können. Bestimmte Vektoren können in einer Wirtszelle, in die sie eingebracht
worden sind, autonom replizieren (z.B. Bakterienvektoren mit bakteriellem Replikation-
sprung). Andere Vektoren werden vorteilhaft beim Einbringen in die Wirtszelle in
das Genom einer Wirtszelle integriert und dadurch zusammen mit dem Wirtsgenom
repliziert. Zudem können bestimmte Vektoren die Expression von Genen, mit denen
25 sie funktionsfähig verbunden sind, steuern. Diese Vektoren werden hier als "Expressi-
onsvektoren" bezeichnet. Gewöhnlich haben Expressionsvektoren, die für DNA-
Rekombinationstechniken geeignet sind, die Form von Plasmiden. In der vorliegenden
Beschreibung können "Plasmid" und "Vektor" austauschbar verwendet werden, da
das Plasmid die am häufigsten verwendete Vektorform ist. Die Erfindung soll jedoch
30 diese anderen Expressionsvektorformen, wie virale Vektoren, die ähnliche Funktionen
ausüben, umfassen. Ferner soll der Begriff Vektor auch andere Vektoren, die dem
Fachmann bekannt sind, wie Phagen, Viren, wie SV40, CMV, TMV, Transposons, IS-
Elemente, Phasmide, Phagemide, Cosmide, lineare oder zirkuläre DNA, umfassen.

Die im Verfahren vorteilhaft verwendeten rekombinanten Expressionsvektoren
35 umfassen die die unten beschriebenen Nukleinsäuren oder das oben beschriebene
Genkonstrukt in einer Form, die sich zur Expression der verwendeten Nukleinsäuren in
einer Wirtszelle eignen, was bedeutet, dass die rekombinanten Expressionsvektoren
eine oder mehrere Regulationssequenzen, ausgewählt auf der Basis der zur Expressi-
on zu verwendenden Wirtszellen, die mit der zu exprimierenden Nukleinsäuresequenz
40 funktionsfähig verbunden ist, umfasst. In einem rekombinanten Expressionsvektor
bedeutet "funktionsfähig verbunden", dass die Nukleotidsequenz von Interesse derart
an die Regulationssequenz(en) gebunden ist, dass die Expression
der Nukleotidsequenz möglich ist und sie aneinander gebunden sind, so dass beide

Sequenzen die vorhergesagte, der Sequenz zugeschriebene Funktion erfüllen (z.B. in einem In-vitro-Transkriptions-/Translationssystem oder in einer Wirtszelle, wenn der Vektor in die Wirtszelle eingebracht wird). Der Begriff "Regulationssequenz" soll Promotoren, Enhancer und andere Expressionskontrollelemente (z.B. Polyadenylierungssignale) umfassen. Diese Regulationssequenzen sind z.B. beschrieben in Goeddel: Gene Expression Technology: Methods in Enzymology 185, Academic Press, San Diego, CA (1990), oder siehe: Gruber und Crosby, in: Methods in Plant Molecular Biology and Biotechnology, CRC Press, Boca Raton, Florida, Hrsgb.: Glick und Thompson, Kapitel 7, 89-108, einschließlich der Literaturstellen darin. Regulationssequenzen umfassen solche, welche die konstitutive Expression einer Nukleotidsequenz in vielen Wirtszelltypen steuern, und solche, welche die direkte Expression der Nukleotidsequenz nur in bestimmten Wirtszellen unter bestimmten Bedingungen steuern. Der Fachmann weiß, dass die Gestaltung des Expressionsvektors von Faktoren, wie der Auswahl der zu transformierenden Wirtszelle, dem Ausmaß der Expression des gewünschten Proteins usw., abhängen kann.

Die verwendeten rekombinanten Expressionsvektoren können zur Expression von Lysophosphatidsäure Acyltransferasen, Glycerin-3-phosphat Acyltransferasen, Diacylglycerin Acyltransferasen oder Lecithin Cholesterin Acyltransferasen, Acyl-CoA:Lysophospholipid-Acyltransferasen, Desaturasen und Elongasen in prokaryotischen oder eukaryotischen Zellen gestaltet sein. Dies ist vorteilhaft, da häufig Zwischenschritte der Vektorkonstruktion der Einfachheit halber in Mikroorganismen durchgeführt werden. Beispielsweise können Lysophosphatidsäure Acyltransferase-, Glycerin-3-phosphat Acyltransferase-, Diacylglycerin Acyltransferase-, Lecithin Cholesterin Acyltransferase-, Acyl-CoA:Lysophospholipid-Acyltransferase-, Desaturase- und/oder Elongase-Gene in bakteriellen Zellen, Insektenzellen (unter Verwendung von Baculovirus-Expressionsvektoren), Hefe- und anderen Pilzzellen (siehe Romanos, M.A., et al. (1992) "Foreign gene expression in yeast: a review", Yeast 8:423-488; van den Hondel, C.A.M.J.J., et al. (1991) "Heterologous gene expression in filamentous fungi", in: More Gene Manipulations in Fungi, J.W. Bennet & L.L. Lasure, Hrsgb., S. 396-428: Academic Press: San Diego; und van den Hondel, C.A.M.J.J., & Punt, P.J. (1991) "Gene transfer systems and vector development for filamentous fungi, in: Applied Molecular Genetics of Fungi, Peberdy, J.F., et al., Hrsgb., S. 1-28, Cambridge University Press: Cambridge), Algen (Falciatore et al., 1999, Marine Biotechnology.1, 3:239-251), Ciliaten der Typen: Holotrichia, Peritrichia, Spirotrichia, Suctorina, Tetrahymena, Paramecium, Colpidium, Glaucoma, Platyophrya, Potomacus, Desaturaseu-docohnilembus, Euplotes, Engelmaniella und Stylonychia, insbesondere der Gattung Stylonychia lemnae, mit Vektoren nach einem Transformationsverfahren, wie beschrieben in WO 98/01572, sowie bevorzugt in Zellen vielzelliger Pflanzen (siehe Schmidt, R. und Willmitzer, L. (1988) "High efficiency Agrobacterium tumefaciens-mediated transformation of Arabidopsis thaliana leaf and cotyledon explants" Plant Cell Rep.:583-586; Plant Molecular Biology and Biotechnology, C Press, Boca Raton, Florida, Kapitel 6/7, S.71-119 (1993); F.F. White, B. Jenes et al., Techniques for Gene Transfer, in: Transgenic Plants, Bd. 1, Engineering and Utilization, Hrsgb.: Kung und R. Wu, Academic Press (1993), 128-43; Potrykus, Annu. Rev. Plant Physiol. Plant

Molec. Biol. 42 (1991), 205-225 (und darin zitierte Literaturstellen)) exprimiert werden. Geeignete Wirtszellen werden ferner erörtert in Goeddel, Gene Expression Technology: Methods in Enzymology 185, Academic Press, San Diego, CA (1990). Der rekombinante Expressionsvektor kann alternativ, zum Beispiel unter Verwendung von T7-Promotor-Regulationssequenzen und T7-Polymerase, in vitro transkribiert und translatiert werden.

Die Expression von Proteinen in Prokaryoten erfolgt meist mit Vektoren, die konstitutive oder induzierbare Promotoren enthalten, welche die Expression von Fusions- oder nicht-Fusionsproteinen steuern. Typische Fusions-Expressionsvektoren sind u.a. pGEX (Pharmacia Biotech Inc; Smith, D.B., und Johnson, K.S. (1988) Gene 67:31-40), pMAL (New England Biolabs, Beverly, MA) und pRIT5 (Pharmacia, Piscataway, NJ), bei denen Glutathion-S-Transferase (GST), Maltose E-bindendes Protein bzw. Protein A an das rekombinante Zielprotein fusioniert wird.

Beispiele für geeignete induzierbare nicht-Fusions-E. coli-Expressionsvektoren sind u.a. pTrc (Amann et al. (1988) Gene 69:301-315) und pET 11d (Studier et al., Gene Expression Technology: Methods in Enzymology 185, Academic Press, San Diego, Kalifornien (1990) 60-89). Die Zielgenexpression vom pTrc-Vektor beruht auf der Transkription durch Wirts-RNA-Polymerase von einem Hybrid-trp-lac-Fusionspromotor. Die Zielgenexpression aus dem pET 11d-Vektor beruht auf der Transkription von einem T7-gn10-lac-Fusions-Promotor, die von einer coexprimierten viralen RNA-Polymerase (T7 gn1) vermittelt wird. Diese virale Polymerase wird von den Wirtsstämmen BL21 (DE3) oder HMS174 (DE3) von einem residenten λ -Prophagen bereitgestellt, der ein T7 gn1-Gen unter der Transkriptionskontrolle des lacUV 5-Promotors birgt.

Andere in prokaryotischen Organismen geeignete Vektoren sind dem Fachmann bekannt, diese Vektoren sind beispielsweise in E. coli pLG338, pACYC184, die pBR-Reihe, wie pBR322, die pUC-Reihe, wie pUC18 oder pUC19, die M113mp-Reihe, pKC30, pRep4, pHS1, pHS2, pPLc236, pMBL24, pLG200, pUR290, pIN-III113-B1, λ gt11 or pBdCI, in Streptomyces pIJ101, pIJ364, pIJ702 oder pIJ361, in Bacillus pUB110, pC194 oder pBD214, in Corynebacterium pSA77 oder pAJ667.

Bei einer weiteren Ausführungsform ist der Expressionsvektor ein Hefe-Expressionsvektor. Beispiele für Vektoren zur Expression in der Hefe *S. cerevisiae* umfassen pYeDesaturasec1 (Baldari et al. (1987) Embo J. 6:229-234), pMFa (Kurjan und Herskowitz (1982) Cell 30:933-943), pJRY88 (Schultz et al. (1987) Gene 54:113-123) sowie pYES2 (Invitrogen Corporation, San Diego, CA). Vektoren und Verfahren zur Konstruktion von Vektoren, die sich zur Verwendung in anderen Pilzen, wie den filamentösen Pilzen, eignen, umfassen diejenigen, die eingehend beschrieben sind in: van den Hondel, C.A.M.J.J., & Punt, P.J. (1991) "Gene transfer systems and vector development for filamentous fungi, in: Applied Molecular Genetics of fungi, J.F. Peberdy et al., Hrsgb., S. 1-28, Cambridge University Press: Cambridge, oder in: More Gene Manipulations in Fungi [J.W. Bennet & L.L. Lasure, Hrsgb., S. 396-428: Acade-

mic Press: San Diego]. Weitere geeignete Hefevektoren sind beispielsweise pAG-1, YEp6, YEp13 oder pEMBLye23.

Alternativ können die Lysophosphatidsäure Acyltransferasen, Glycerin-3-phosphat Acyltransferasen, Diacylglycerin Acyltransferasen, Lecithin Cholesterin Acyltransferasen, Acyl-CoA:Lysophospholipid-Acyltransferasen, Desaturasen und/oder Elongasen in Insektenzellen unter Verwendung von Baculovirus-Expressionsvektoren exprimiert werden. Baculovirus-Vektoren, die zur Expression von Proteinen in gezüchteten Insektenzellen (z.B. Sf9-Zellen) verfügbar sind, umfassen die pAc-Reihe (Smith et al. (1983) Mol. Cell Biol. 3:2156-2165) und die pVL-Reihe (Lucklow und Summers (1989) Virology 170:31-39).

Die oben genannten Vektoren bieten nur einen kleinen Überblick über mögliche geeignete Vektoren. Weitere Plasmide sind dem Fachmann bekannt und sind zum Beispiel beschrieben in: Cloning Vectors (Hrsgb. Pouwels, P.H., et al., Elsevier, Amsterdam-New York-Oxford, 1985, ISBN 0 444 904018). Weitere geeignete Expressionssysteme für prokaryotische und eukaryotische Zellen siehe in den Kapiteln 16 und 17 von Sambrook, J., Fritsch, E.F., und Maniatis, T., Molecular Cloning: A Laboratory Manual, 2. Auflage, Cold Spring Harbor Laboratory, Cold Spring Harbor Laboratory Press, Cold Spring Harbor, NY, 1989.

Bei einer weiteren Ausführungsform des Verfahrens können die Lysophosphatidsäure Acyltransferasen, Glycerin-3-phosphat Acyltransferasen, Diacylglycerin Acyltransferasen, Lecithin Cholesterin Acyltransferasen, Acyl-CoA:Lysophospholipid-Acyltransferasen, Desaturasen und/oder Elongasen in einzelligen Pflanzenzellen (wie Algen), siehe Falciatore et al., 1999, Marine Biotechnology 1 (3):239-251 und darin zitierte Literaturangaben, und Pflanzenzellen aus höheren Pflanzen (z.B. Spermatophyten, wie Feldfrüchten) exprimiert werden. Beispiele für Pflanzen-Expressionsvektoren umfassen solche, die eingehend beschrieben sind in: Becker, D., Kemper, E., Schell, J., und Masterson, R. (1992) "New plant binary vectors with selectable markers located proximal to the left border", Plant Mol. Biol. 20:1195-1197; und Bevan, M.W. (1984) "Binary Agrobacterium vectors for plant transformation", Nucl. Acids Res. 12:8711-8721; Vectors for Gene Transfer in Higher Plants; in: Transgenic Plants, Bd. 1, Engineering and Utilization, Hrsgb.: Kung und R. Wu, Academic Press, 1993, S. 15-38.

Eine Pflanzen-Expressionskassette enthält vorzugsweise Regulationssequenzen, welche die Genexpression in Pflanzenzellen steuern können und funktionsfähig verbunden sind, so dass jede Sequenz ihre Funktion, wie Termination der Transkription, erfüllen kann, beispielsweise Polyadenylierungssignale. Bevorzugte Polyadenylierungssignale sind diejenigen, die aus Agrobacterium tumefaciens-T-DNA stammen, wie das als Octopinsynthese bekannte Gen 3 des Ti-Plasmids pTiACH5 (Gielen et al., EMBO J. 3 (1984) 835ff.) oder funktionelle Äquivalente davon, aber auch alle anderen in Pflanzen funktionell aktiven Terminatoren sind geeignet.

Da die Pflanzengenexpression sehr oft nicht auf Transkriptionsebenen beschränkt ist, enthält eine Pflanzen-Expressionskassette vorzugsweise andere funktionsfähig verbundene Sequenzen, wie Translationsenhancer, beispielsweise die Overdrive-Sequenz, welche die 5'-untranslatierte Leader-Sequenz aus Tabakmosaikvirus, die das Protein/RNA-Verhältnis erhöht, enthält (Gallie et al., 1987, Nucl. Acids Research 15:8693-8711).

Die Pflanzengenexpression muss wie oben beschrieben funktionsfähig mit einem geeigneten Promotor verbunden sein, der die Genexpression auf rechtzeitige, zell- oder gewebespezifische Weise durchführt. Nutzbare Promotoren sind konstitutive Promotoren (Benfey et al., EMBO J. 8 (1989) 2195-2202), wie diejenigen, die von Pflanzenviren stammen, wie 35S CAMV (Franck et al., Cell 21 (1980) 285-294), 19S CaMV (siehe auch US 5352605 und WO 84/02913) oder Pflanzenpromotoren, wie der in US 4,962,028 beschriebene der kleinen Untereinheit der Rubisco.

Andere bevorzugte Sequenzen für die Verwendung zur funktionsfähigen Verbindung in Pflanzengenexpressions-Kassetten sind Targeting-Sequenzen, die zur Steuerung des Genproduktes in sein entsprechendes Zellkompartiment notwendig sind (siehe eine Übersicht in Kermode, Crit. Rev. Plant Sci. 15, 4 (1996) 285-423 und darin zitierte Literaturstellen), beispielsweise in die Vakuole, den Zellkern, alle Arten von Plastiden, wie Amyloplasten, Chloroplasten, Chromoplasten, den extrazellulären Raum, die Mitochondrien, das Endoplasmatische Retikulum, Ölkörper, Peroxisomen und andere Kompartimente von Pflanzenzellen.

Die Pflanzengenexpression lässt sich auch wie oben beschrieben über einen chemisch induzierbaren Promotor erleichtern (siehe eine Übersicht in Gatz 1997, Annu. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol., 48:89-108). Chemisch induzierbare Promotoren eignen sich besonders, wenn gewünscht wird, dass die Genexpression auf zeitspezifische Weise erfolgt. Beispiele für solche Promotoren sind ein Salicylsäure-induzierbarer Promotor (WO 95/19443), ein Tetracyclin-induzierbarer Promotor (Gatz et al. (1992) Plant J. 2, 397-404) und ein Ethanol-induzierbarer Promotor.

Auch Promotoren, die auf biotische oder abiotische Stressbedingungen reagieren, sind geeignete Promotoren, beispielsweise der pathogeninduzierte PRP1-Gen-Promotor (Ward et al., Plant. Mol. Biol. 22 (1993) 361-366), der hitzeinduzierbare hsp80-Promotor aus Tomate (US 5,187,267), der kälteinduzierbare Alphaamylase-Promotor aus Kartoffel (WO 96/12814) oder der durch Wunden induzierbare pinII-Promotor (EP-A-0 375 091).

Es sind insbesondere solche Promotoren bevorzugt, welche die Genexpression in Geweben und Organen herbeiführen, in denen die Fettsäure-, Lipid- und Ölbiosynthese stattfindet, in Samenzellen, wie den Zellen des Endosperms und des sich entwickelnden Embryos. Geeignete Promotoren sind der Napingen-Promotor aus Raps (US 5,608,152), der USP-Promotor aus Vicia faba (Baeumlein et al., Mol Gen Genet, 1991, 225 (3):459-67), der Oleosin-Promotor aus Arabidopsis (WO 98/45461), der Phaseolin-Promotor aus Phaseolus vulgaris (US 5,504,200), der Bce4-Promotor aus

- Brassica (WO 91/13980) oder der Legumin-B4-Promotor (LeB4; Baeumlein et al., 1992, Plant Journal, 2 (2):233-9) sowie Promotoren, welche die samenspezifische Expression in Monokotyledonen-Pflanzen, wie Mais, Gerste, Weizen, Roggen, Reis usw. herbeiführen. Geeignete beachtenswerte Promotoren sind der lpt2- oder lpt1-Gen-Promotor aus Gerste (WO 95/15389 und WO 95/23230) oder die in WO 99/16890 beschriebenen (Promotoren aus dem Gersten-Hordein-Gen, dem Reis-Glutelin-Gen, dem Reis-Oryzin-Gen, dem Reis-Prolamin-Gen, dem Weizen-Gliadin-Gen, Weizen-Glutelin-Gen, dem Mais-Zein-Gen, dem Hafer-Glutelin-Gen, dem Sorghum-Kasirin-Gen, dem Roggen-Secalin-Gen).
- 10 Insbesondere kann die multiparallele Expression der im Verfahren verwendeten Lysophosphatidsäure Acyltransferasen, Glycerin-3-phosphat Acyltransferasen, Diacylglycerin Acyltransferasen oder Lecithin Cholesterin Acyltransferasen allein oder in Kombination mit Acyl-CoA:Lysophospholipid-Acyltransferasen, Desaturasen und/oder Elongasen gewünscht sein. Die Einführung solcher Expressionskassetten
- 15 kann über eine simultane Transformation mehrerer einzelner Expressionskonstrukte erfolgen oder bevorzugt durch Kombination mehrerer Expressionskassetten auf einem Konstrukt. Auch können mehrere Vektoren mit jeweils mehreren Expressionskassetten transformiert und auf die Wirtszelle übertragen werden.
- 20 Ebenfalls besonders geeignet sind Promotoren, welche die plastidenspezifische Expression herbeiführen, da Plastiden das Kompartiment sind, in dem die Vorläufer sowie einige Endprodukte der Lipidbiosynthese synthetisiert werden. Geeignete Promotoren, wie der virale RNA-Polymerase-Promotor, sind beschrieben in WO 95/16783 und WO 97/06250, und der clpP-Promotor aus Arabidopsis, beschrieben in WO 99/46394.
- 25 Vektor-DNA lässt sich in prokaryotische oder eukaryotische Zellen über herkömmliche Transformations- oder Transfektionstechniken einbringen. Die Begriffe "Transformation" und "Transfektion", Konjugation und Transduktion, wie hier verwendet, sollen eine Vielzahl von im Stand der Technik bekannten Verfahren zum Einbringen fremder Nukleinsäure (z.B. DNA) in eine Wirtszelle, einschließlich Calciumphosphat- oder
- 30 Calciumchlorid-Copräzipitation, DEAE-Dextran-vermittelte Transfektion, Lipofektion, natürliche Kompetenz, chemisch vermittelter Transfer, Elektroporation oder Teilchenbeschuss, umfassen. Geeignete Verfahren zur Transformation oder Transfektion von Wirtszellen, einschließlich Pflanzenzellen, lassen sich finden in Sambrook et al. (Molecular Cloning: A Laboratory Manual., 2. Aufl., Cold Spring Harbor Laboratory, Cold Spring Harbor Laboratory Press, Cold Spring Harbor, NY, 1989) und anderen
- 35 Labor-Handbüchern, wie Methods in Molecular Biology, 1995, Bd. 44, Agrobacterium protocols, Hrsgb: Gartland und Davey, Humana Press, Totowa, New Jersey.
- 40 Wirtszellen, die im Prinzip zum Aufnehmen der erfindungsgemäßen Nukleinsäure, des erfindungsgemäßen Genproduktes oder des erfindungsgemäßen Vektors geeignet sind, sind alle prokaryotischen oder eukaryotischen Organismen. Die vorteilhafterweise verwendeten Wirtsorganismen sind Mikroorganismen, wie Pilze oder Hefen oder

Pflanzenzellen vorzugsweise Pflanzen oder Teile davon. Pilze, Hefen oder Pflanzen werden vorzugsweise verwendet, besonders bevorzugt Pflanzen, ganz besonders bevorzugt Pflanzen, wie Ölfuchtpflanzen, die große Mengen an Lipidverbindungen enthalten, wie Raps, Nachtkerze, Hanf, Diestel, Erdnuss, Canola, Lein, Soja, Safflor, 5 Sonnenblume, Borretsch, oder Pflanzen, wie Mais, Weizen, Roggen, Hafer, Triticale, Reis, Gerste, Baumwolle, Maniok, Pfeffer, Tagetes, Solanaceen-Pflanzen, wie Kartoffel, Tabak, Aubergine und Tomate, Vicia-Arten, Erbse, Alfalfa, Buschpflanzen (Kaffee, Kakao, Tee), Salix-Arten, Bäume (Ölplame, Kokosnuss) sowie ausdauernde 10 Ölfuchtpflanzen, wie Soja, Erdnuß, Raps, Canola, Lein, Hanf, Nachtkerze, Sonnenblume, Safflor, Bäume (Ölpalme, Kokosnuß).

Ein weiterer erfindungsgemäßer Gegenstand sind wie oben beschrieben isolierte Nukleinsäuresequenzen, die für Polypeptide mit Lysophosphatidsäure Acyltransferase-Aktivität, Glycerin-3-phosphat Acyltransferase-Aktivität, Diacylglycerin Acyltransferase-Aktivität oder Lecithin Cholesterin Acyltransferase-Aktivität codieren, wobei die durch 15 die Nukleinsäuresequenzen codierten Lysophosphatidsäure Acyltransferasen, Glycerin-3-phosphat Acyltransferasen, Diacylglycerin Acyltransferasen oder Lecithin Cholesterin Acyltransferasen spezifisch C₁₈-, C₂₀-, C₂₂- oder C₂₄-Fettsäuren mit mindestens einer Doppelbindungen im Fettsäuremolekül umsetzen.

20 Vorteilhafte isolierte Nukleinsäuresequenzen sind Sequenzen ausgewählt aus der Gruppe:

a) einer Nukleinsäuresequenz mit der in SEQ ID NO: 1, SEQ ID NO: 3, SEQ ID NO: 4, SEQ ID NO: 6, SEQ ID NO: 7, SEQ ID NO: 9, SEQ ID NO: 11, SEQ ID NO: 13, SEQ ID NO: 14, SEQ ID NO: 16, SEQ ID NO: 18 oder SEQ ID NO: 20 25 dargestellten Sequenz,

b) Nukleinsäuresequenzen, die sich als Ergebnis des degenerierten genetischen Codes von der in SEQ ID NO: 1, SEQ ID NO: 3, SEQ ID NO: 4, SEQ ID NO: 6, SEQ ID NO: 7, SEQ ID NO: 9, SEQ ID NO: 11, SEQ ID NO: 13, SEQ ID NO: 14, SEQ ID NO: 16, SEQ ID NO: 18 oder SEQ ID NO: 20 enthaltenden codierenden 30 Sequenz ableiten lassen

c) Derivate der in SEQ ID NO: 1, SEQ ID NO: 3, SEQ ID NO: 4, SEQ ID NO: 6, SEQ ID NO: 7, SEQ ID NO: 9, SEQ ID NO: 11, SEQ ID NO: 13, SEQ ID NO: 14, SEQ ID NO: 16, SEQ ID NO: 18 oder SEQ ID NO: 20 dargestellten 35 Nukleinsäuresequenz, die für Polypeptide mit der in SEQ ID NO: 2, SEQ ID NO: 5, SEQ ID NO: 8, SEQ ID NO: 10, SEQ ID NO: 12, SEQ ID NO: 15, SEQ ID NO: 17, SEQ ID NO: 19 oder SEQ ID NO: 21 dargestellten Aminosäuresequenz codieren und mindestens 40 % Homologie auf Aminosäureebene mit SEQ ID NO: 2, SEQ ID NO: 5, SEQ ID NO: 8, SEQ ID NO: 10, SEQ ID NO: 12, SEQ ID NO: 15, SEQ ID NO: 17, SEQ ID NO: 19 oder SEQ ID NO: 21 aufweisen und 40 eine Lysophosphatidsäure Acyltransferase-Aktivität aufweisen.

Weitere vorteilhafte isolierte Nukleinsäuresequenzen sind Sequenzen ausgewählt aus der Gruppe:

- 5 a) einer Nukleinsäuresequenz mit der in SEQ ID NO: 22, SEQ ID NO: 24 oder SEQ ID NO: 26 dargestellten Sequenz,
- b) Nukleinsäuresequenzen, die sich als Ergebnis des degenerierten genetischen Codes von der in SEQ ID NO: 22, SEQ ID NO: 24 oder SEQ ID NO: 26 enthaltenden codierenden Sequenz ableiten lassen
- 10 c) Derivate der in SEQ ID NO: 22, SEQ ID NO: 24 oder SEQ ID NO: 26 dargestellten Nukleinsäuresequenz, die für Polypeptide mit der in SEQ ID NO: 23, SEQ ID NO: 25 oder SEQ ID NO: 27 dargestellten Aminosäuresequenz codieren und mindestens 40 % Homologie auf Aminosäureebene mit SEQ ID NO: 23, SEQ ID NO: 25 oder SEQ ID NO: 27 aufweisen und eine Glycerin-3-phosphat Acyltransferase-Aktivität aufweisen.

15 Weitere vorteilhafte isolierte Nukleinsäuresequenzen sind Sequenzen ausgewählt aus der Gruppe:

- a) einer Nukleinsäuresequenz mit der in SEQ ID NO: 28, SEQ ID NO: 30 oder SEQ ID NO: 32 dargestellten Sequenz,
- 20 b) Nukleinsäuresequenzen, die sich als Ergebnis des degenerierten genetischen Codes von der in SEQ ID NO: 28, SEQ ID NO: 30 oder SEQ ID NO: 32 enthaltenden codierenden Sequenz ableiten lassen
- 25 c) Derivate der in SEQ ID NO: 28, SEQ ID NO: 30 oder SEQ ID NO: 32 dargestellten Nukleinsäuresequenz, die für Polypeptide mit der in SEQ ID NO: 29, SEQ ID NO: 31 oder SEQ ID NO: 33 dargestellten Aminosäuresequenz codieren und mindestens 40 % Homologie auf Aminosäureebene mit SEQ ID NO: 29, SEQ ID NO: 31 oder SEQ ID NO: 33 aufweisen und eine Diacylglycerin Acyltransferase-Aktivität aufweisen.

Weitere vorteilhafte isolierte Nukleinsäuresequenzen sind Sequenzen ausgewählt aus der Gruppe:

- 30 a) einer Nukleinsäuresequenz mit der in SEQ ID NO: 34 oder SEQ ID NO: 36 dargestellten Sequenz,
- b) Nukleinsäuresequenzen, die sich als Ergebnis des degenerierten genetischen Codes von der in SEQ ID NO: 34 oder SEQ ID NO: 36 enthaltenden codierenden Sequenz ableiten lassen
- 35 c) Derivate der in SEQ ID NO: 34 oder SEQ ID NO: 36 dargestellten Nukleinsäuresequenz, die für Polypeptide mit der in SEQ ID NO: 35 oder SEQ ID NO: 37 dargestellten Aminosäuresequenz codieren und mindestens 40 % Homologie auf

Aminosäureebene mit SEQ ID NO: 35 oder SEQ ID NO: 37 aufweisen und eine Lecithin Cholesterin Acyltransferase-Aktivität aufweisen.

Die oben genannte erfindungsgemäßen Nukleinsäuren stammen von Organismen, wie Tieren, Ciliaten, Pilzen, Pflanzen wie Algen oder Dinoflagellaten, die PUFAs synthetisieren können.

Der Begriff "Nukleinsäure(molekül)", wie hier verwendet, umfasst in einer vorteilhaften Ausführungsform zudem die am 3'- und am 5'-Ende des kodierenden Genbereichs gelegene untranslatierte Sequenz: mindestens 500, bevorzugt 200, besonders bevorzugt 100 Nukleotide der Sequenz stromaufwärts des 5'-Endes des kodierenden Bereichs und mindestens 100, bevorzugt 50, besonders bevorzugt 20 Nukleotide der Sequenz stromabwärts des 3'-Endes des kodierenden Genbereichs. Ein "isoliertes" Nukleinsäuremolekül wird von anderen Nukleinsäuremolekülen abgetrennt, die in der natürlichen Quelle der Nukleinsäure vorliegen. Eine "isolierte" Nukleinsäure hat vorzugsweise keine Sequenzen, welche die Nukleinsäure in der genomischen DNA des Organismus, aus dem die Nukleinsäure stammt, natürlicherweise flankieren (z.B. Sequenzen, die sich an den 5'- und 3'-Enden der Nukleinsäure befinden). Bei verschiedenen Ausführungsformen kann das isolierte Lysophosphatidsäure Acyltransferase-, Glycerin-3-phosphat Acyltransferase-, Diacylglycerin Acyltransferase- und/oder Lecithin Cholesterin Acyltransferasemolekül zum Beispiel weniger als etwa 5 kb, 4 kb, 3 kb, 2 kb, 1 kb, 0,5 kb oder 0,1 kb an Nukleotidsequenzen enthalten, die natürlicherweise das Nukleinsäuremolekül in der genomischen DNA der Zelle, aus der die Nukleinsäure stammt flankieren.

Die im Verfahren verwendeten Nukleinsäuremoleküle, z.B. ein Nukleinsäuremolekül mit einer Nukleotidsequenz der SEQ ID NO: 1, SEQ ID NO: 3, SEQ ID NO: 4, SEQ ID NO: 6, SEQ ID NO: 7, SEQ ID NO: 9, SEQ ID NO: 11, SEQ ID NO: 13, SEQ ID NO: 14, SEQ ID NO: 16, SEQ ID NO: 18, SEQ ID NO: 20, SEQ ID NO: 22, SEQ ID NO: 24, SEQ ID NO: 26, SEQ ID NO: 28, SEQ ID NO: 30, SEQ ID NO: 32, SEQ ID NO: 34 oder SEQ ID NO: 36 oder eines Teils davon, kann unter Verwendung molekularbiologischer Standardtechniken und der hier bereitgestellten Sequenzinformation isoliert werden. Auch kann mithilfe von Vergleichsalgorithmen beispielsweise eine homologe Sequenz oder homologe, konservierte Sequenzbereiche auf DNA oder Aminosäureebene identifiziert werden. Diese können als Hybridisierungssonde sowie Standard-Hybridisierungstechniken (wie z.B. beschrieben in Sambrook et al., Molecular Cloning: A Laboratory Manual. 2. Aufl., Cold Spring Harbor Laboratory, Cold Spring Harbor Laboratory Press, Cold Spring Harbor, NY, 1989) zur Isolierung weiterer im Verfahren nützlicher Nukleinsäuresequenzen verwendet werden. Überdies lässt sich ein Nukleinsäuremolekül, umfassend eine vollständige Sequenz der SEQ ID NO: 1, SEQ ID NO: 3, SEQ ID NO: 4, SEQ ID NO: 6, SEQ ID NO: 7, SEQ ID NO: 9, SEQ ID NO: 11, SEQ ID NO: 13, SEQ ID NO: 14, SEQ ID NO: 16, SEQ ID NO: 18, SEQ ID NO: 20, SEQ ID NO: 22, SEQ ID NO: 24, SEQ ID NO: 26, SEQ ID NO: 28, SEQ ID NO: 30, SEQ ID NO: 32, SEQ ID NO: 34 oder SEQ ID NO: 36 oder einen Teil davon, durch Polymerasekettenreaktion isolieren, wobei Oligonukleotidprimer, die auf der Basis dieser

Sequenz oder von Teilen davon, verwendet werden (z.B. kann ein Nukleinsäuremolekül, umfassend die vollständigen Sequenz oder einen Teil davon, durch Polymerasekettenreaktion unter Verwendung von Oligonukleotidprimern isoliert werden, die auf der Basis dieser gleichen Sequenz erstellt worden sind). Zum Beispiel lässt sich mRNA aus Zellen isolieren (z.B. durch das Guanidiniumthiocyanat-Extraktionsverfahren von Chirgwin et al. (1979) Biochemistry 18:5294-5299) und cDNA mittels Reverse Transkriptase (z.B. Moloney-MLV-Reverse-Transkriptase, erhältlich von Gibco/BRL, Bethesda, MD, oder AMV-Reverse-Transkriptase, erhältlich von Seikagaku America, Inc., St.Petersburg, FL) herstellen. Synthetische Oligonukleotidprimer zur Amplifizierung mittels Polymerasekettenreaktion lassen sich auf der Basis einer der in SEQ ID NO: 1, SEQ ID NO: 3, SEQ ID NO: 4, SEQ ID NO: 6, SEQ ID NO: 7, SEQ ID NO: 9, SEQ ID NO: 11, SEQ ID NO: 13, SEQ ID NO: 14, SEQ ID NO: 16, SEQ ID NO: 18, SEQ ID NO: 20, SEQ ID NO: 22, SEQ ID NO: 24, SEQ ID NO: 26, SEQ ID NO: 28, SEQ ID NO: 30, SEQ ID NO: 32, SEQ ID NO: 34 oder SEQ ID NO: 36 gezeigten Sequenzen oder mithilfe der in SEQ ID NO: 2, SEQ ID NO: 5, SEQ ID NO: 8, SEQ ID NO: 10, SEQ ID NO: 12, SEQ ID NO: 15, SEQ ID NO: 17, SEQ ID NO: 19, SEQ ID NO: 21, SEQ ID NO: 23, SEQ ID NO: 25, SEQ ID NO: 27, SEQ ID NO: 29, SEQ ID NO: 31, SEQ ID NO: 33, SEQ ID NO: 35 oder SEQ ID NO: 37 dargestellten Aminosäuresequenzen erstellen. Eine erfindungsgemäße Nukleinsäure kann unter Verwendung von cDNA oder alternativ von genomischer DNA als Matrize und geeigneten Oligonukleotidprimern gemäß Standard-PCR-Amplifikationstechniken amplifiziert werden. Die so amplifizierte Nukleinsäure kann in einen geeigneten Vektor kloniert werden und mittels DNA-Sequenzanalyse charakterisiert werden. Oligonukleotide, die einer Desaturase-Nukleotidsequenz entsprechen, können durch Standard-Syntheseverfahren, beispielsweise mit einem automatischen DNA-Synthesegerät, hergestellt werden.

Homologe der verwendeten Lysophosphatidsäure Acyltransferase-, Glycerin-3-phosphat Acyltransferase-, Diacylglycerin Acyltransferase- oder Lecithin Cholesterin Acyltransferase-Nukleinsäuresequenzen mit der Sequenz SEQ ID NO: 1, SEQ ID NO: 3, SEQ ID NO: 4, SEQ ID NO: 6, SEQ ID NO: 7, SEQ ID NO: 9, SEQ ID NO: 11, SEQ ID NO: 13, SEQ ID NO: 14, SEQ ID NO: 16, SEQ ID NO: 18, SEQ ID NO: 20, SEQ ID NO: 22, SEQ ID NO: 24, SEQ ID NO: 26, SEQ ID NO: 28, SEQ ID NO: 30, SEQ ID NO: 32, SEQ ID NO: 34 oder SEQ ID NO: 36 bedeutet beispielsweise allelische Varianten mit mindestens etwa 40 bis 60 %, vorzugsweise mindestens etwa 60 bis 70 %, stärker bevorzugt mindestens etwa 70 bis 80 %, 80 bis 90 % oder 90 bis 95 % und noch stärker bevorzugt mindestens etwa 95 %, 96 %, 97 %, 98 %, 99 % oder mehr Homologie zu einer in SEQ ID NO: 1, SEQ ID NO: 3, SEQ ID NO: 4, SEQ ID NO: 6, SEQ ID NO: 7, SEQ ID NO: 9, SEQ ID NO: 11, SEQ ID NO: 13, SEQ ID NO: 14, SEQ ID NO: 16, SEQ ID NO: 18, SEQ ID NO: 20, SEQ ID NO: 22, SEQ ID NO: 24, SEQ ID NO: 26, SEQ ID NO: 28, SEQ ID NO: 30, SEQ ID NO: 32, SEQ ID NO: 34 oder SEQ ID NO: 36 gezeigten Nukleotidsequenzen oder ihren Homologen, Derivaten oder Analoga oder Teilen davon. Weiterhin sind isolierte Nukleinsäuremoleküle einer Nukleotidsequenz, die an eine der in SEQ ID NO: 1, SEQ ID NO: 3, SEQ ID NO: 4, SEQ ID NO: 6, SEQ ID NO: 7, SEQ ID NO: 9, SEQ ID NO: 11, SEQ ID NO: 13, SEQ

ID NO: 14, SEQ ID NO: 16, SEQ ID NO: 18, SEQ ID NO: 20, SEQ ID NO: 22, SEQ ID NO: 24, SEQ ID NO: 26, SEQ ID NO: 28, SEQ ID NO: 30, SEQ ID NO: 32, SEQ ID NO: 34 oder SEQ ID NO: 36 gezeigten Nukleotidsequenzen oder einen Teil davon hybridisieren, z.B. unter stringenten Bedingungen hybridisiert. Allelische Varianten umfassen insbesondere funktionelle Varianten, die sich durch Deletion, Insertion oder Substitution von Nukleotiden aus/in der in SEQ ID NO: 1, SEQ ID NO: 3, SEQ ID NO: 4, SEQ ID NO: 6, SEQ ID NO: 7, SEQ ID NO: 9, SEQ ID NO: 11, SEQ ID NO: 13, SEQ ID NO: 14, SEQ ID NO: 16, SEQ ID NO: 18, SEQ ID NO: 20, SEQ ID NO: 22, SEQ ID NO: 24, SEQ ID NO: 26, SEQ ID NO: 28, SEQ ID NO: 30, SEQ ID NO: 32, SEQ ID NO: 34 oder SEQ ID NO: 36 dargestellten Sequenz erhalten lassen, wobei aber die Absicht ist, dass die Enzymaktivität der davon herrührenden synthetisierten Proteine für die Insertion eines oder mehrerer Gene vorteilhafterweise beibehalten wird. Proteine, die noch die enzymatische Aktivität der Lysophosphatidsäure Acyltransferase, Glycerin-3-phosphat Acyltransferase, Diacylglycerin Acyltransferase oder Lecithin Cholesterin Acyltransferase besitzen, das heißt deren Aktivität im wesentlichen nicht reduziert ist, bedeutet Proteine mit mindestens 10 %, vorzugsweise 20 %, besonders bevorzugt 30 %, ganz besonders bevorzugt 40 % der ursprünglichen Enzymaktivität, verglichen mit dem durch SEQ ID NO: 1, SEQ ID NO: 3, SEQ ID NO: 4, SEQ ID NO: 6, SEQ ID NO: 7, SEQ ID NO: 9, SEQ ID NO: 11, SEQ ID NO: 13, SEQ ID NO: 14, SEQ ID NO: 16, SEQ ID NO: 18, SEQ ID NO: 20, SEQ ID NO: 22, SEQ ID NO: 24, SEQ ID NO: 26, SEQ ID NO: 28, SEQ ID NO: 30, SEQ ID NO: 32, SEQ ID NO: 34 oder SEQ ID NO: 36 kodierten Protein.

Homologen der SEQ ID NO: 1, SEQ ID NO: 3, SEQ ID NO: 4, SEQ ID NO: 6, SEQ ID NO: 7, SEQ ID NO: 9, SEQ ID NO: 11, SEQ ID NO: 13, SEQ ID NO: 14, SEQ ID NO: 16, SEQ ID NO: 18, SEQ ID NO: 20, SEQ ID NO: 22, SEQ ID NO: 24, SEQ ID NO: 26, SEQ ID NO: 28, SEQ ID NO: 30, SEQ ID NO: 32, SEQ ID NO: 34 oder SEQ ID NO: 36 bedeuten beispielsweise auch bakterielle, Pilz- und Pflanzenhomologen, verkürzte Sequenzen, einzelsträngige DNA oder RNA der kodierenden und nicht-kodierenden DNA-Sequenz.

Homologen der SEQ ID NO: 1, SEQ ID NO: 3, SEQ ID NO: 4, SEQ ID NO: 6, SEQ ID NO: 7, SEQ ID NO: 9, SEQ ID NO: 11, SEQ ID NO: 13, SEQ ID NO: 14, SEQ ID NO: 16, SEQ ID NO: 18, SEQ ID NO: 20, SEQ ID NO: 22, SEQ ID NO: 24, SEQ ID NO: 26, SEQ ID NO: 28, SEQ ID NO: 30, SEQ ID NO: 32, SEQ ID NO: 34 oder SEQ ID NO: 36 bedeutet auch Derivate, wie beispielsweise Promotorvarianten. Die Promotoren stromaufwärts der angegebenen Nukleotidsequenzen können durch einen oder mehrere Nukleotidaustausche, durch Insertion(en) und/oder Deletion(en) modifiziert werden, ohne dass jedoch die Funktionalität oder Aktivität der Promotoren gestört wird. Es ist weiterhin möglich, dass die Aktivität der Promotoren durch Modifikation ihrer Sequenz erhöht ist oder dass sie vollständig durch aktivere Promotoren, sogar aus heterologen Organismen, ersetzt werden.

Die vorgenannten Nukleinsäuren und Proteinmoleküle mit Lysophosphatidsäure Acyltransferase-Aktivität, Glycerin-3-phosphat Acyltransferase-Aktivität, Diacylglycerin

Acyltransferase-Aktivität oder Lecithin Cholesterin Acyltransferase-Aktivität, die am Stoffwechsel von Lipiden und Fettsäuren, PUFA-Cofaktoren und Enzymen oder am Transport lipophiler Verbindungen über Membranen beteiligt sind, werden im erfindungsgemäßen Verfahren zur Modulation der Produktion von PUFAs in transgenen Organismen vorteilhaft in Pflanzen, wie Mais, Weizen, Roggen, Hafer, Triticale, Reis, Gerste, Sojabohne, Erdnuss, Baumwolle, Linum Arten wie Öl- oder Faserlein, Brassica-Arten, wie Raps, Canola und Rübsen, Pfeffer, Sonnenblume, Borretsch, Nachtkerze und Tagetes, Solanaceen-Pflanzen, wie Kartoffel, Tabak, Aubergine und Tomate, Vicia-Arten, Erbse, Maniok, Alfalfa, Buschpflanzen (Kaffee, Kakao, Tee), Salix-Arten, Bäume (Ölpalme, Kokosnuss) und ausdauernden Gräsern und Futterfeldfrüchten, entweder direkt (z.B. wenn die Überexpression oder Optimierung eines Fettsäurebiosynthese-Proteins einen direkten Einfluss auf die Ausbeute, Produktion und/oder Effizienz der Produktion der Fettsäure aus modifizierten Organismen hat) verwendet und/oder können eine indirekt Auswirkung haben, die dennoch zu einer Steigerung der Ausbeute, Produktion und/oder Effizienz der Produktion der PUFAs oder einer Abnahme unerwünschter Verbindungen führt (z.B. wenn die Modulation des Stoffwechsels von Lipiden und Fettsäuren, Cofaktoren und Enzymen zu Veränderungen der Ausbeute, Produktion und/oder Effizienz der Produktion oder der Zusammensetzung der gewünschten Verbindungen innerhalb der Zellen führt, was wiederum die Produktion einer oder mehrerer Fettsäuren beeinflussen kann).

Die Kombination verschiedener Vorläufermoleküle und Biosyntheseenzyme führt zur Herstellung verschiedener Fettsäuremoleküle, was eine entscheidende Auswirkung auf die Zusammensetzung der Lipide hat. Da mehrfach ungesättigte Fettsäuren (= PUFAs) nicht nur einfach in Triacylglycerin sondern auch in Membranlipide eingebaut werden.

Die Lipidsynthese lässt sich in zwei Abschnitte unterteilen: die Synthese von Fettsäuren und ihre Bindung an sn-Glycerin-3-Phosphat sowie die Addition oder Modifikation einer polaren Kopfgruppe. Übliche Lipide, die in Membranen verwendet werden, umfassen Phospholipide, Glycolipide, Sphingolipide und Phosphoglyceride. Die Fettsäuresynthese beginnt mit der Umwandlung von Acetyl-CoA in Malonyl-CoA durch die Acetyl-CoA-Carboxylase oder in Acetyl-ACP durch die Acetyltransacylase. Nach einer Kondensationsreaktion bilden diese beiden Produktmoleküle zusammen Acetoacetyl-ACP, das über eine Reihe von Kondensations-, Reduktions- und Dehydratisierungsreaktionen umgewandelt wird, so dass ein gesättigtes Fettsäuremolekül mit der gewünschten Kettenlänge erhalten wird. Die Produktion der ungesättigten Fettsäuren aus diesen Molekülen wird durch spezifische Desaturasen katalysiert, und zwar entweder aerob mittels molekularem Sauerstoff oder anaerob (bezüglich der Fettsäuresynthese in Mikroorganismen siehe F.C. Neidhardt et al. (1996) *E. coli* und *Salmonella*. ASM Press: Washington, D.C., S. 612-636 und darin enthaltene Literaturstellen; Lengeler et al. (Hrsgb.) (1999) *Biology of Prokaryotes*. Thieme: Stuttgart, New York, und die enthaltene Literaturstellen, sowie Magnuson, K., et al. (1993) *Microbiological Reviews* 57:522-542 und die enthaltenen Literaturstellen). Die so hergestellten an Phospholipide gebundenen Fettsäuren müssen anschließend wieder für die weitere

Elongationen aus den Phospholipiden in den FettsäureCoA-Ester-Pool überführt werden. Dies ermöglichen Acyl-CoA:Lysophospholipid-Acyltransferasen. Weiterhin können diese Enzyme die elongierten Fettsäuren wieder von den CoA-Estern auf die Phospholipide übertragen. Diese Reaktionsabfolge kann gegebenenfalls mehrfach
5 durchlaufen werden.

Vorläufer für die PUFA-Biosynthese sind beispielsweise Ölsäure, Linol- und Linolensäure. Diese C₁₈-Kohlenstoff-Fettsäuren müssen auf C₂₀ und C₂₂ verlängert werden, damit Fettsäuren vom Eicosa- und Docosa-Kettentyp erhalten werden. Mithilfe der im Verfahren verwendeten Lysophosphatidsäure Acyltransferasen, Glycerin-3-phosphat
10 Acyltransferasen, Diacylglycerin Acyltransferasen, Lecithin Cholesterin Acyltransferasen, vorteilhaft in Kombination mit Acyl-CoA:Lysophospholipid-Acyltransferasen, Desaturasen wie der Δ-4-, Δ-5-, Δ-6- und Δ-8-Desaturasen und/oder der Δ-5-, Δ-6-, Δ-9-Elongase können Arachidonsäure, Eicosapentaensäure, Docosapentaensäure oder Docosahexaensäure sowie verschiedene andere langkettige PUFAs erhalten, extra-
15 hiert und für verschiedene Zwecke bei Nahrungsmittel-, Futter-, Kosmetik- oder pharmazeutischen Anwendungen verwendet werden. Mit den genannten Enzymen können vorzugsweise C₁₈-, C₂₀-, C₂₂- und/oder C₂₄-Fettsäuren mit mindestens zwei vorteilhaft mindestens drei, vier, fünf oder sechs Doppelbindungen im Fettsäuremolekül, vorzugsweise zu C₂₀-, C₂₂- und/oder C₂₄-Fettsäuren mit vorteilhaft drei, vier oder
20 fünf Doppelbindungen im Fettsäuremolekül hergestellt werden. Die Desaturierung kann vor oder nach Elongation der entsprechenden Fettsäure erfolgen. Daher führen die Produkte der Desaturaseaktivitäten und der möglichen weiteren Desaturierung und Elongation zu bevorzugten PUFAs mit höherem Desaturierungsgrad, einschließlich einer weiteren Elongation von C₂₀ zu C₂₂-Fettsäuren, zu Fettsäuren wie γ-Linolensäure, Dihomo-γ-linolensäure, Arachidonsäure, Stearidonsäure, Eicosatetraensäure oder
25 Eicosapentaensäure. Substrate der Lysophosphatidsäure Acyltransferasen, Glycerin-3-phosphat Acyltransferasen, Diacylglycerin Acyltransferasen oder Lecithin Cholesterin Acyltransferasen im erfindungsgemäßen Verfahren sind C₁₈-, C₂₀- oder C₂₂-Fettsäuren wie zum Beispiel Linolsäure, γ-Linolensäure, α-Linolensäure, Dihomo-γ-linolensäure, Eicosatetraensäure oder Stearidonsäure. Bevorzugte Substrate sind Linolsäure, γ-Linolensäure und/oder α-Linolensäure, Dihomo-γ-linolensäure bzw. Arachidonsäure, Eicosatetraensäure oder Eicosapentaensäure. Die C₁₈-, C₂₀- oder C₂₂-Fettsäuren mit
30 mindestens zwei Doppelbindungen in der Fettsäure fallen im erfindungsgemäßen Verfahren in Form der freien Fettsäure oder in Form ihrer Ester beispielsweise in Form ihrer Glyceride an.
35

Unter dem Begriff "Glycerid" wird ein mit ein, zwei oder drei Carbonsäureresten verestertes Glycerin verstanden (Mono-, Di- oder Triglycerid). Unter "Glycerid" wird auch ein Gemisch an verschiedenen Glyceriden verstanden. Das Glycerid oder das Glyceridgemisch kann weitere Zusätze, z.B. freie Fettsäuren, Antioxidantien, Proteine,
40 Kohlenhydrate, Vitamine und/oder andere Substanzen enthalten.

Unter einem "Glycerid" im Sinne des erfindungsgemäßen Verfahrens werden ferner vom Glycerin abgeleitete Derivate verstanden. Dazu zählen neben den oben beschrie-

benen Fettsäureglyceriden auch Glycerophospholipide und Glyceroglycolipide. Bevorzugt seien hier die Glycerophospholipide wie Lecithin (Phosphatidylcholin), Cardiolipin, Phosphatidylglycerin, Phosphatidylserin und Alkylacylglycerophospholipide beispielhaft genannt.

- 5 Ferner müssen Fettsäuren anschließend an verschiedene Modifikationsorte transportiert und in das Triacylglycerin-Speicherlipid eingebaut werden. Ein weiterer wichtiger Schritt bei der Lipidsynthese ist der Transfer von Fettsäuren auf die polaren Kopfgruppen, beispielsweise durch Glycerin-Fettsäure-Acyltransferase (siehe Frentzen, 1998, Lipid, 100(4-5):161-166).
- 10 Veröffentlichungen über die Pflanzen-Fettsäurebiosynthese, Desaturierung, den Lipidstoffwechsel und Membrantransport von fetthaltigen Verbindungen, die Betaoxidation, Fettsäuremodifikation und Cofaktoren, Triacylglycerin-Speicherung und -Assemblierung einschließlich der Literaturstellen darin siehe in den folgenden Artikeln: Kinney, 1997, Genetic Engineering, Hrsgb.: JK Setlow, 19:149-166; Ohlrogge und
- 15 Browse, 1995, Plant Cell 7:957-970; Shanklin und Cahoon, 1998, Annu. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol. 49:611-641; Voelker, 1996, Genetic Engineering, Hrsgb.: JK Setlow, 18:111-13; Gerhardt, 1992, Prog. Lipid R. 31:397-417; Gühnemann-Schäfer & Kindl, 1995, Biochim. Biophys Acta 1256:181-186; Kunau et al., 1995, Prog. Lipid Res. 34:267-342; Stymne et al., 1993, in: Biochemistry and Molecular Biology of Membrane
- 20 and Storage Lipids of Plants, Hrsgb.: Murata und Somerville, Rockville, American Society of Plant Physiologists, 150-158, Murphy & Ross 1998, Plant Journal. 13(1):1-16.

- Die im Verfahren hergestellten PUFAs, umfassen eine Gruppe von Molekülen, die höhere Tiere nicht mehr synthetisieren können und somit aufnehmen müssen oder die
- 25 höhere Tiere nicht mehr ausreichend selbst herstellen können und somit zusätzlich aufnehmen müssen, obwohl sie leicht von anderen Organismen, wie Bakterien, synthetisiert werden, beispielsweise können Katzen Arachidonsäure nicht mehr synthetisieren.

- Der Begriff "Lysophosphatidsäure Acyltransferase, Glycerin-3-phosphat Acyltransferase, Diacylglycerin Acyltransferase oder Lecithin Cholesterin Acyltransferase" im Sinne der Erfindung umfasst Proteine, die an der Biosynthese von Fettsäuren beteiligt sind, sowie ihre Homologen, Derivaten oder Analoga. Unter Phospholipiden im Sinne der Erfindung sind zu verstehen Phosphatidylcholin, Phosphatidylethanolamin, Phosphatidylserin, Phosphatidylglycerin, und/oder Phosphatidylinositol vorteilhafterweise
- 35 Phosphatidylcholin. Die Begriffe Lysophosphatidsäure Acyltransferase-, Glycerin-3-phosphat Acyltransferase-, Diacylglycerin Acyltransferase- oder Lecithin Cholesterin Acyltransferase-Nukleinsäuresequenz(en) umfassen Nukleinsäuresequenzen, die eine Lysophosphatidsäure Acyltransferase, Glycerin-3-phosphat Acyltransferase, Diacylglycerin Acyltransferase oder Lecithin Cholesterin Acyltransferase kodieren und bei denen
- 40 ein Teil eine kodierende Region und ebenfalls entsprechende 5'- und 3'-untranslatierte Sequenzbereiche sein können. Die Begriffe Produktion oder Produktivität sind

- im Fachgebiet bekannt und beinhalten die Konzentration des Fermentationsproduktes (Verbindungen der Formel I), das in einer bestimmten Zeitspanne und einem bestimmten Fermentationsvolumen gebildet wird (z.B. kg Produkt pro Stunde pro Liter). Der Begriff Effizienz der Produktion umfasst die Zeit, die zur Erzielung einer bestimmten Produktionsmenge nötig ist (z.B. wie lange die Zelle zur Aufrichtung einer bestimmten Durchsatzrate einer Feinchemikalie benötigt). Der Begriff Ausbeute oder Produkt/Kohlenstoff-Ausbeute ist im Fachgebiet bekannt und umfasst die Effizienz der Umwandlung der Kohlenstoffquelle in das Produkt (d.h. die Feinchemikalie). Dies wird gewöhnlich beispielsweise ausgedrückt als kg Produkt pro kg Kohlenstoffquelle. Durch Erhöhen der Ausbeute oder Produktion der Verbindung wird die Menge der gewonnenen Moleküle oder der geeigneten gewonnenen Moleküle dieser Verbindung in einer bestimmten Kulturmenge über einen festgelegten Zeitraum erhöht. Die Begriffe Biosynthese oder Biosyntheseweg sind im Fachgebiet bekannt und umfassen die Synthese einer Verbindung, vorzugsweise einer organischen Verbindung, durch eine Zelle aus Zwischenverbindungen, beispielsweise in einem Mehrschritt- und stark regulierten Prozess. Die Begriffe Abbau oder Abbauweg sind im Fachgebiet bekannt und umfassen die Spaltung einer Verbindung, vorzugsweise einer organischen Verbindung, durch eine Zelle in Abbauprodukte (allgemeiner gesagt, kleinere oder weniger komplexe Moleküle) beispielsweise in einem Mehrschritt- und stark regulierten Prozess. Der Begriff Stoffwechsel ist im Fachgebiet bekannt und umfasst die Gesamtheit der biochemischen Reaktionen, die in einem Organismus stattfinden. Der Stoffwechsel einer bestimmten Verbindung (z.B. der Stoffwechsel einer Fettsäure) umfasst dann die Gesamtheit der Biosynthese-, Modifikations- und Abbauwege dieser Verbindung in der Zelle, die diese Verbindung betreffen.
- Bei einer weiteren Ausführungsform kodieren Derivate des erfindungsgemäßen Nukleinsäuremoleküls wieder gegeben in SEQ ID NO: 1, SEQ ID NO: 3, SEQ ID NO: 4, SEQ ID NO: 6, SEQ ID NO: 7, SEQ ID NO: 9, SEQ ID NO: 11, SEQ ID NO: 13, SEQ ID NO: 14, SEQ ID NO: 16, SEQ ID NO: 18, SEQ ID NO: 20, SEQ ID NO: 22, SEQ ID NO: 24, SEQ ID NO: 26, SEQ ID NO: 28, SEQ ID NO: 30, SEQ ID NO: 32, SEQ ID NO: 34 oder SEQ ID NO: 36 Proteine mit mindestens 40 %, vorteilhaft etwa 50 bis 60 %, vorzugsweise mindestens etwa 60 bis 70 % und stärker bevorzugt mindestens etwa 70 bis 80 %, 80 bis 90 %, 90 bis 95 % und am stärksten bevorzugt mindestens etwa 96 %, 97 %, 98 %, 99 % oder mehr Homologie (= Identität) zu einer vollständigen Aminosäuresequenz der SEQ ID NO: 2, SEQ ID NO: 5, SEQ ID NO: 8, SEQ ID NO: 10, SEQ ID NO: 12, SEQ ID NO: 15, SEQ ID NO: 17, SEQ ID NO: 19, SEQ ID NO: 21, SEQ ID NO: 23, SEQ ID NO: 25, SEQ ID NO: 27, SEQ ID NO: 29, SEQ ID NO: 31, SEQ ID NO: 33, SEQ ID NO: 35 oder SEQ ID NO: 37. Die Homologie wurde über den gesamten Aminosäure- bzw. Nukleinsäuresequenzbereich berechnet. Für die Sequenzvergleiche wurde das Programm PileUp verwendet (J. Mol. Evolution., 25, 351-360, 1987, Higgins et al., CABIOS, 5 1989: 151-153) oder die Programme Gap und BestFit [Needleman and Wunsch (J. Mol. Biol. 48; 443-453 (1970) und Smith and Waterman (Adv. Appl. Math. 2; 482-489 (1981))], die im GCG Software-Paket [Genetics Computer Group, 575 Science Drive, Madison, Wisconsin, USA 53711 (1991)] enthalten sind. Die oben in Prozent angegebenen Sequenzhomologiewerte wurden mit

dem Programm BestFit über den gesamten Sequenzbereich mit folgenden Einstellungen ermittelt: Gap Weight: 8, Length Weight: 2.

Die Erfindung umfasst zudem Nukleinsäuremoleküle, die sich von einer der in SEQ ID NO: 1, SEQ ID NO: 3, SEQ ID NO: 4, SEQ ID NO: 6, SEQ ID NO: 7, SEQ ID NO: 9, SEQ ID NO: 11, SEQ ID NO: 13, SEQ ID NO: 14, SEQ ID NO: 16, SEQ ID NO: 18, SEQ ID NO: 20, SEQ ID NO: 22, SEQ ID NO: 24, SEQ ID NO: 26, SEQ ID NO: 28, SEQ ID NO: 30, SEQ ID NO: 32, SEQ ID NO: 34 oder SEQ ID NO: 36 gezeigten Nukleotidsequenzen (und Teilen davon) aufgrund des degenerierten genetischen Codes unterscheiden und somit die gleiche Lysophosphatidsäure Acyltransferase, Glycerin-3-phosphat Acyltransferase, Diacylglycerin Acyltransferase oder Lecithin Cholesterin Acyltransferase codieren wie diejenige, die von den in SEQ ID NO: 1, SEQ ID NO: 3, SEQ ID NO: 4, SEQ ID NO: 6, SEQ ID NO: 7, SEQ ID NO: 9, SEQ ID NO: 11, SEQ ID NO: 13, SEQ ID NO: 14, SEQ ID NO: 16, SEQ ID NO: 18, SEQ ID NO: 20, SEQ ID NO: 22, SEQ ID NO: 24, SEQ ID NO: 26, SEQ ID NO: 28, SEQ ID NO: 30, SEQ ID NO: 32, SEQ ID NO: 34 oder SEQ ID NO: 36 gezeigten Nukleotidsequenzen kodiert wird.

Zusätzlich zu den in SEQ ID NO: 1, SEQ ID NO: 3, SEQ ID NO: 4, SEQ ID NO: 6, SEQ ID NO: 7, SEQ ID NO: 9, SEQ ID NO: 11, SEQ ID NO: 13, SEQ ID NO: 14, SEQ ID NO: 16, SEQ ID NO: 18, SEQ ID NO: 20, SEQ ID NO: 22, SEQ ID NO: 24, SEQ ID NO: 26, SEQ ID NO: 28, SEQ ID NO: 30, SEQ ID NO: 32, SEQ ID NO: 34 oder SEQ ID NO: 36 gezeigten Lysophosphatidsäure Acyltransferase-, Glycerin-3-phosphat Acyltransferase-, Diacylglycerin Acyltransferase- oder Lecithin Cholesterin Acyltransferase-Nukleotidsequenzen erkennt der Fachmann, dass DNA-Sequenzpolymorphismen, die zu Änderungen in den Aminosäuresequenzen der Lysophosphatidsäure Acyltransferase, Glycerin-3-phosphat Acyltransferase, Diacylglycerin Acyltransferase oder Lecithin Cholesterin Acyltransferase führen, innerhalb einer Population existieren können. Diese genetischen Polymorphismen im Lysophosphatidsäure Acyltransferase-, Glycerin-3-phosphat Acyltransferase-, Diacylglycerin Acyltransferase- oder Lecithin Cholesterin Acyltransferase-Gen können zwischen Individuen innerhalb einer Population aufgrund von natürlicher Variation existieren. Diese natürlichen Varianten bewirken üblicherweise eine Varianz von 1 bis 5 % in der Nukleotidsequenz des Lysophosphatidsäure Acyltransferase-, Glycerin-3-phosphat Acyltransferase-, Diacylglycerin Acyltransferase- oder Lecithin Cholesterin Acyltransferase-Gens. Sämtliche und alle dieser Nukleotidvariationen und daraus resultierende Aminosäurepolymorphismen in der Lysophosphatidsäure Acyltransferase, Glycerin-3-phosphat Acyltransferase, Diacylglycerin Acyltransferase oder Lecithin Cholesterin Acyltransferase, die das Ergebnis natürlicher Variation sind und die funktionelle Aktivität von nicht verändern, sollen im Umfang der Erfindung enthalten sein.

Für das erfindungsgemäße Verfahren vorteilhafte Nukleinsäuremoleküle können auf der Grundlage ihrer Homologie zu den hier offenbarten Lysophosphatidsäure Acyltransferase-, Glycerin-3-phosphat Acyltransferase-, Diacylglycerin Acyltransferase- oder Lecithin Cholesterin Acyltransferase-Nukleinsäuren unter Verwendung der

Sequenzen oder eines Teils davon als Hybridisierungssonde gemäß Standard-Hybridisierungstechniken unter stringenten Hybridisierungsbedingungen isoliert werden. Dabei können beispielsweise isolierte Nukleinsäuremoleküle verwendet werden, die mindestens 15 Nukleotide lang sind und unter stringenten Bedingungen mit dem Nukleinsäuremolekülen, die eine Nukleotidsequenz der SEQ ID NO: 1, SEQ ID NO: 3, SEQ ID NO: 4, SEQ ID NO: 6, SEQ ID NO: 7, SEQ ID NO: 9, SEQ ID NO: 11, SEQ ID NO: 13, SEQ ID NO: 14, SEQ ID NO: 16, SEQ ID NO: 18, SEQ ID NO: 20, SEQ ID NO: 22, SEQ ID NO: 24, SEQ ID NO: 26, SEQ ID NO: 28, SEQ ID NO: 30, SEQ ID NO: 32, SEQ ID NO: 34 oder SEQ ID NO: 36 umfassen, hybridisieren. Es können auch Nukleinsäuren mindestens 25, 50, 100, 250 oder mehr Nukleotide verwendet werden. Der Begriff "hybridisiert unter stringenten Bedingungen", wie hier verwendet, soll Hybridisierungs- und Waschbedingungen beschreiben, unter denen Nukleotidsequenzen, die mindestens 60 % homolog zueinander sind, gewöhnlich aneinander hybridisiert bleiben. Die Bedingungen sind vorzugsweise derart, dass Sequenzen, die mindestens etwa 65 %, stärker bevorzugt mindestens etwa 70 % und noch stärker bevorzugt mindestens etwa 75 % oder stärker zueinander homolog sind, gewöhnlich aneinander hybridisiert bleiben. Diese stringenten Bedingungen sind dem Fachmann bekannt und lassen sich in Current Protocols in Molecular Biology, John Wiley & Sons, N. Y. (1989), 6.3.1-6.3.6., finden. Ein bevorzugtes, nicht einschränkendes Beispiel für stringente Hybridisierungsbedingungen sind Hybridisierungen in 6 x Natriumchlorid/Natriumcitrat (sodium chloride/sodium citrate = SSC) bei etwa 45°C, gefolgt von einem oder mehreren Waschschritten in 0,2 x SSC, 0,1 % SDS bei 50 bis 65°C. Dem Fachmann ist bekannt, dass diese Hybridisierungsbedingungen sich je nach dem Typ der Nukleinsäure und, wenn beispielsweise organische Lösungsmittel vorliegen, hinsichtlich der Temperatur und der Konzentration des Puffers unterscheiden. Die Temperatur unterscheidet sich beispielsweise unter "Standard-Hybridisierungsbedingungen" je nach dem Typ der Nukleinsäure zwischen 42°C und 58°C in wässrigem Puffer mit einer Konzentration von 0,1 bis 5 x SSC (pH 7,2). Falls organisches Lösungsmittel im obengenannten Puffer vorliegt, zum Beispiel 50 % Formamid, ist die Temperatur unter Standardbedingungen etwa 42°C. Vorzugsweise sind die Hybridisierungsbedingungen für DNA:DNA-Hybride zum Beispiel 0,1 x SSC und 20°C bis 45°C, vorzugsweise zwischen 30°C und 45°C. Vorzugsweise sind die Hybridisierungsbedingungen für DNA:RNA-Hybride zum Beispiel 0,1 x SSC und 30°C bis 55°C, vorzugsweise zwischen 45°C und 55°C. Die vorstehend genannten Hybridisierungstemperaturen sind beispielsweise für eine Nukleinsäure mit etwa 100 bp (= Basenpaare) Länge und einem G + C-Gehalt von 50 % in Abwesenheit von Formamid bestimmt. Der Fachmann weiß, wie die erforderlichen Hybridisierungsbedingungen anhand von Lehrbüchern, wie dem vorstehend erwähnten oder aus den folgenden Lehrbüchern Sambrook et al., "Molecular Cloning", Cold Spring Harbor Laboratory, 1989; Hames und Higgins (Hrsgb.) 1985, "Nucleic Acids Hybridization: A Practical Approach", IRL Press at Oxford University Press, Oxford; Brown (Hrsgb.) 1991, "Essential Molecular Biology: A Practical Approach", IRL Press at Oxford University Press, Oxford, bestimmt werden können.

Zur Bestimmung der prozentualen Homologie (= Identität) von zwei Aminosäuresequenzen (z.B. einer der Sequenzen der SEQ ID NO: 2, SEQ ID NO: 5, SEQ ID NO: 8, SEQ ID NO: 10, SEQ ID NO: 12, SEQ ID NO: 15, SEQ ID NO: 17, SEQ ID NO: 19, SEQ ID NO: 21, SEQ ID NO: 23, SEQ ID NO: 25, SEQ ID NO: 27, SEQ ID NO: 29, SEQ ID NO: 31, SEQ ID NO: 33, SEQ ID NO: 35 oder SEQ ID NO: 37) oder von zwei Nukleinsäuren (z.B. SEQ ID NO: 1, SEQ ID NO: 3, SEQ ID NO: 4, SEQ ID NO: 6, SEQ ID NO: 7, SEQ ID NO: 9, SEQ ID NO: 11, SEQ ID NO: 13, SEQ ID NO: 14, SEQ ID NO: 16, SEQ ID NO: 18, SEQ ID NO: 20, SEQ ID NO: 22, SEQ ID NO: 24, SEQ ID NO: 26, SEQ ID NO: 28, SEQ ID NO: 30, SEQ ID NO: 32, SEQ ID NO: 34 oder SEQ ID NO: 36) werden die Sequenzen zum Zweck des optimalen Vergleichs untereinander geschrieben (z.B. können Lücken in die Sequenz eines Proteins oder einer Nukleinsäure eingefügt werden, um ein optimales Alignment mit dem anderen Protein oder der anderen Nukleinsäure zu erzeugen). Die Aminosäurereste oder Nukleotide an den entsprechenden Aminosäurepositionen oder Nukleotidpositionen werden dann verglichen. Wenn eine Position in einer Sequenz durch den gleichen Aminosäurerest oder das gleiche Nukleotid wie die entsprechende Stelle in der anderen Sequenz belegt wird, dann sind die Moleküle an dieser Position homolog (d.h. Aminosäure- oder Nukleinsäure-"Homologie", wie hier verwendet, entspricht Aminosäure- oder Nukleinsäure-"Identität"). Die prozentuale Homologie zwischen den beiden Sequenzen ist eine Funktion der Anzahl an identischen Positionen, die den Sequenzen gemeinsam sind (d.h. % Homologie = Anzahl der identischen Positionen/Gesamtanzahl der Positionen x 100). Die Begriffe Homologie und Identität sind damit als Synonym anzusehen. Die verwendeten Programme bzw. Algorithmen sind oben beschrieben.

Ein isoliertes Nukleinsäuremolekül, das eine Lysophosphatidsäure Acyltransferase, Glycerin-3-phosphat Acyltransferase, Diacylglycerin Acyltransferase oder Lecithin Cholesterin Acyltransferase kodiert, die zu einer Proteinsequenz der SEQ ID NO: 2, SEQ ID NO: 5, SEQ ID NO: 8, SEQ ID NO: 10, SEQ ID NO: 12, SEQ ID NO: 15, SEQ ID NO: 17, SEQ ID NO: 19, SEQ ID NO: 21, SEQ ID NO: 23, SEQ ID NO: 25, SEQ ID NO: 27, SEQ ID NO: 29, SEQ ID NO: 31, SEQ ID NO: 33, SEQ ID NO: 35 oder SEQ ID NO: 37 homolog ist, kann durch Einbringen einer oder mehrerer Nukleotidsubstitutionen, -additionen oder -deletionen in eine Nukleotidsequenz der SEQ ID NO: 1, SEQ ID NO: 3, SEQ ID NO: 4, SEQ ID NO: 6, SEQ ID NO: 7, SEQ ID NO: 9, SEQ ID NO: 11, SEQ ID NO: 13, SEQ ID NO: 14, SEQ ID NO: 16, SEQ ID NO: 18, SEQ ID NO: 20, SEQ ID NO: 22, SEQ ID NO: 24, SEQ ID NO: 26, SEQ ID NO: 28, SEQ ID NO: 30, SEQ ID NO: 32, SEQ ID NO: 34 oder SEQ ID NO: 36 erzeugt werden, so dass eine oder mehrere Aminosäuresubstitutionen, -additionen oder -deletionen in das kodierte Protein eingebracht werden. Mutationen können in eine der Sequenzen der SEQ ID NO: 1, SEQ ID NO: 3, SEQ ID NO: 4, SEQ ID NO: 6, SEQ ID NO: 7, SEQ ID NO: 9, SEQ ID NO: 11, SEQ ID NO: 13, SEQ ID NO: 14, SEQ ID NO: 16, SEQ ID NO: 18, SEQ ID NO: 20, SEQ ID NO: 22, SEQ ID NO: 24, SEQ ID NO: 26, SEQ ID NO: 28, SEQ ID NO: 30, SEQ ID NO: 32, SEQ ID NO: 34 oder SEQ ID NO: 36 durch Standardtechniken, wie stellenspezifische Mutagenese und PCR-vermittelte Mutagenese, eingebracht werden. Vorzugsweise werden konservative Aminosäuresubstitutionen an einer oder mehreren der vorhergesagten nicht-essentiellen Amino-

säureresten hergestellt. Bei einer "konservativen Aminosäuresubstitution" wird der Aminosäurerest gegen einen Aminosäurerest mit einer ähnlichen Seitenkette ausgetauscht. Im Fachgebiet sind Familien von Aminosäureresten mit ähnlichen Seitenketten definiert worden. Diese Familien umfassen Aminosäuren mit basischen Seitenketten (z.B. Lysin, Arginin, Histidin), sauren Seitenketten (z.B. Asparaginsäure, Glutaminsäure), ungeladenen polaren Seitenketten (z.B. Glycin, Asparagin, Glutamin, Serin, Threonin, Tyrosin, Cystein), unpolaren Seitenketten, (z.B. Alanin, Valin, Leucin, Isoleucin, Prolin, Phenylalanin, Methionin, Tryptophan), beta-verzweigten Seitenketten (z.B. Threonin, Valin, Isoleucin) und aromatischen Seitenketten (z.B. Tyrosin, Phenylalanin, Tryptophan, Histidin). Ein vorhergesagter nicht-essentieller Aminosäurerest in einer Lysophosphatidsäure Acyltransferase, Glycerin-3-phosphat Acyltransferase, Diacylglycerin Acyltransferase oder Lecithin Cholesterin Acyltransferase wird somit vorzugsweise durch einen anderen Aminosäurerest aus der gleichen Seitenkettenfamilie ausgetauscht. Alternativ können bei einer anderen Ausführungsform die Mutationen zufallsgemäß über die gesamte oder einen Teil der Lysophosphatidsäure Acyltransferase, Glycerin-3-phosphat Acyltransferase, Diacylglycerin Acyltransferase oder Lecithin Cholesterin Acyltransferase kodierenden Sequenz eingebracht werden, z.B. durch Sättigungsmutagenese, und die resultierenden Mutanten können nach der hier beschriebenen Lysophosphatidsäure Acyltransferase-, Glycerin-3-phosphat Acyltransferase-, Diacylglycerin Acyltransferase- oder Lecithin Cholesterin Acyltransferase-Aktivität durchmustert werden, um Mutanten zu identifizieren, die die Lysophosphatidsäure Acyltransferase-, Glycerin-3-phosphat Acyltransferase-, Diacylglycerin Acyltransferase- oder Lecithin Cholesterin Acyltransferase-Aktivität beibehalten haben. Nach der Mutagenese einer der Sequenzen der SEQ ID NO: 1, SEQ ID NO: 3, SEQ ID NO: 4, SEQ ID NO: 6, SEQ ID NO: 7, SEQ ID NO: 9, SEQ ID NO: 11, SEQ ID NO: 13, SEQ ID NO: 14, SEQ ID NO: 16, SEQ ID NO: 18, SEQ ID NO: 20, SEQ ID NO: 22, SEQ ID NO: 24, SEQ ID NO: 26, SEQ ID NO: 28, SEQ ID NO: 30, SEQ ID NO: 32, SEQ ID NO: 34 oder SEQ ID NO: 36 kann das kodierte Protein rekombinant exprimiert werden, und die Aktivität des Proteins kann z.B. unter Verwendung der hier beschriebenen Tests bestimmt werden.

\ Diese Erfindung wird durch die nachstehenden Beispiele weiter veranschaulicht, die nicht als beschränkend aufgefasst werden sollten. Der Inhalt sämtlicher in dieser Patentanmeldung zitierten Literaturstellen, Patentanmeldungen, Patente und veröffentlichten Patentanmeldungen ist hier durch Bezugnahme aufgenommen.

35 Beispiele

Beispiel 1: Allgemeine Verfahren

a) Allgemeine Klonierungsverfahren:

40 Klonierungsverfahren, wie beispielsweise Restriktionsspaltungen, Agarosegelelektrophorese, Reinigung von DNA-Fragmenten, Transfer von Nukleinsäuren auf Nitrocellulose- und Nylonmembranen, Verbindung von DNA-Fragmenten, Transformation von Escherichia coli- und Hefe-Zellen, Anzucht von Bakterien und Sequenzanalyse

rekombinanter DNA, wurden durchgeführt wie beschrieben in Sambrook et al. (1989) (Cold Spring Harbor Laboratory Press: ISBN 0-87969-309-6) oder Kaiser, Michaelis und Mitchell (1994) "Methods in Yeast Genetics" (Cold Spring Harbor Laboratory Press: ISBN 0-87969-451-3).

5 b) Chemikalien

Die verwendeten Chemikalien wurden, wenn im Text nicht anders angegeben, in p. A.-Qualität von den Firmen Fluka (Neu-Ulm), Merck (Darmstadt), Roth (Karlsruhe), Serva (Heidelberg) und Sigma (Deisenhofen) bezogen. Lösungen wurden unter Verwendung von reinem pyrogenfreiem Wasser, im nachstehenden Text als H₂O bezeichnet, aus einer Milli-Q-Wassersystem-Wasserreinigungsanlage (Millipore, Eschborn) hergestellt. Restriktionsendonukleasen, DNA-modifizierende Enzyme und molekularbiologische Kits wurden bezogen von den Firmen AGS (Heidelberg), Amersham (Braunschweig), Biometra (Göttingen), Boehringer (Mannheim), Genomed (Bad Oeynhausen), New England Biolabs (Schwalbach/Taunus), Novagen (Madison, Wisconsin, USA), Perkin-Elmer (Weiterstadt), Pharmacia (Freiburg), Qiagen (Hilden) und Stratagene (Amsterdam, Niederlande). Wenn nicht anders angegeben, wurden sie nach den Anweisungen des Herstellers verwendet.

c) Klonierung und Expression von Desaturasen und Elongasen

Der *Escherichia coli*-Stamm XL1 Blue MRF' kan (Stratagene) wurde zur Subklonierung der Δ -6-Desaturase aus *Physcomitrella patens* verwendet. Für die funktionelle Expression dieses Gens wurde der *Saccharomyces cerevisiae*-Stamm INVSc 1 (Invitrogen Co.) verwendet. *E. coli* wurde in Luria-Bertani-Brühe (LB, Duchefa, Haarlem, Niederlande) bei 37°C kultiviert. Wenn nötig, wurde Ampicillin (100 mg/Liter) zugegeben, und 1,5 % Agar (Gew./Vol.) wurde für feste LB-Medien hinzugefügt. *S. cerevisiae* wurde bei 30°C entweder in YPG-Medium oder in komplettem Minimalmedium ohne Uracil (CMdum; siehe in: Ausubel, F.M., Brent, R., Kingston, R.E., Moore, D.D., Seidman, J.G., Smith, J.A., Struhl, K., Albright, L.B., Coen, D.M., und Varki, A. (1995) *Current Protocols in Molecular Biology*, John Wiley & Sons, New York) mit entweder 2 % (Gew./Vol.) Raffinose oder Glucose kultiviert. Für feste Medien wurden 2 % (Gew./Vol.) Bacto™-Agar (Difco) hinzugefügt. Die zur Klonierung und Expression verwendeten Plasmide sind pUC18 (Pharmacia) und pYES2 (Invitrogen Co.).

d) Klonierung und Expression PUFA-spezifischer Desaturasen und Elongasen

Für die Expression in Pflanzen wurden cDNA Klone aus SEQ ID NO: 46 (*Physcomitrella patens* Δ -6-Desaturase), 48 (*Physcomitrella patens* Δ -6-Elongase) oder 50 (*Phaeodactylum tricornutum* Δ -5-Desaturase) so modifiziert, dass lediglich die Codierregion mittels Polymerase Kettenreaktion unter Zuhilfenahme zweier Oligonukleotide amplifiziert werden. Dabei wurde darauf geachtet, dass eine Konsensussequenz vor dem Startcodon zur effizienten Translation eingehalten wurde. Entweder wurde hierzu die Basenfolge ATA oder AAA gewählt und vor das ATG in die Sequenz eingefügt [Kozak,

M. (1986) Point mutations define a sequence flanking the AUG initiator codon that modulates translation by eukaryotic ribosomes, Cell 44, 283-292]. Vor diesem Konsensustriplett wurde zusätzlich eine Restriktionsschnittstelle eingeführt, die kompatibel sein muss zur Schnittstelle des Zielvektors, in den das Fragment kloniert werden soll und mit dessen Hilfe die Genexpression in Mikroorganismen oder Pflanzen erfolgen soll.

Die PCR-Reaktion wurde mit Plasmid-DNA als Matrize in einem Thermocycler (Biometra) mit der Pfu-DNA-(Stratagene) Polymerase und dem folgenden Temperaturprogramm durchgeführt: 3 min bei 96°C, gefolgt von 30 Zyklen mit 30 s bei 96°C, 30 s bei 55°C und 2 min bei 72°C, 1 Zyklus mit 10 min bei 72°C und Stop bei 4°C. Die Anlagerungstemperatur wurde je nach gewählten Oligonukleotiden variiert. Pro Kilobasenpaare DNA ist von einer Synthesezeit von etwa einer Minute auszugehen. Weitere Parameter, die Einfluss auf die PCR haben wie z.B. Mg-Ionen, Salz, DNA Polymerase etc., sind dem Fachmann auf dem Gebiet geläufig und können nach Bedarf variiert werden.

Die korrekte Größe des amplifizierten DNA-Fragments wurde mittels Agarose-TBE-Gelelektrophorese bestätigt. Die amplifizierte DNA wurde aus dem Gel mit dem QIAquick-Gelextraktionskit (QIAGEN) extrahiert und in die SmaI-Restriktionsstelle des dephosphorylierten Vektors pUC18 unter Verwendung des Sure Clone Ligations Kit (Pharmacia) ligiert, wobei die pUC-Derivate erhalten wurden. Nach der Transformation von E. coli XL1 Blue MRF' kan wurde eine DNA-Minipräparation [Riggs, M.G., & McLachlan, A. (1986) A simplified screening procedure for large numbers of plasmid mini-preparation. BioTechniques 4, 310-313] an ampicillinresistenten Transformanden durchgeführt, und positive Klone mittels BamHI-Restriktionsanalyse identifiziert. Die Sequenz des klonierten PCR-Produktes wurde mittels Resequenzierung unter Verwendung des ABI PRISM Big Dye Terminator Cycle Sequencing Ready Reaction Kit (Perkin-Elmer, Weiterstadt) bestätigt.

e) Transformation von Agrobacterium

Die Agrobacterium-vermittelte Pflanzentransformation wurde, wenn nicht anders beschrieben, wie von Deblaere et al. (1984, Nucl. Acids Res. 13, 4777-4788) mit Hilfe eines Agrobacterium tumefaciens-Stamms durchgeführt.

f) Pflanzentransformation

Die Agrobacterium-vermittelte Pflanzentransformation wurde, wenn nicht anders beschrieben, unter Verwendung von Standard-Transformations- und Regenerations-techniken durchgeführt (Gelvin, Stanton B., Schilperoort, Robert A., Plant Molecular Biology Manual, 2. Aufl., Dordrecht: Kluwer Academic Publ., 1995, in Sect., Ringbuc Zentrale Signatur: BT11-P ISBN 0-7923-2731-4; Glick, Bernard R., Thompson, John E., Methods in Plant Molecular Biology and Biotechnology, Boca Raton: CRC Press, 1993, 360 S., ISBN 0-8493-5164-2).

5 Nach diesen kann beispielsweise Raps mittels Kotyledonen- oder Hypokotyltransformation transformiert werden (Moloney et al., Plant Cell 8 (1989) 238-242; De Block et al., Plant Physiol. 91 (1989) 694-701). Die Verwendung von Antibiotika für die Agrobacterium- und Pflanzenselektion hängt von dem für die Transformation verwendeten binären Vektor und Agrobacterium-Stamm ab. Die Rapsselektion wird dabei gewöhnlich unter Verwendung von Kanamycin als selektierbarem Pflanzenmarker durchgeführt.

10 Die Transformation von Soja kann unter Verwendung von beispielsweise einer in EP-A-0 0424 047 (Pioneer Hi-Bred International) oder in EP-A-0 0397 687, US 5,376,543, US 5,169,770 (University Toledo) beschriebenen Technik durchgeführt werden.

15 Die Pflanzentransformation unter Verwendung von Teilchenbeschuss, Polyethylenglycol-vermittelter DNA-Aufnahme oder über die Siliziumcarbonatfaser-Technik ist beispielsweise beschrieben von Freeling und Walbot "The maize handbook" (1993) ISBN 3-540-97826-7, Springer Verlag New York).

Der Agrobacterium-vermittelte Gentransfer in Lein (*Linum usitatissimum*) wurde, wenn nicht anders beschrieben, wie bei Mlynarova et al. [(1994) Plant Cell Report 13:282-285] beschriebenen Technik durchgeführt.

g) Plasmide für die Pflanzentransformation

20 Zur Pflanzentransformation wurden binäre Vektoren auf Basis der Vektoren pBinAR (Höfgen und Willmitzer, Plant Science 66 (1990) 221-230) oder pGPTV (Becker et al 1992, Plant Mol. Biol. 20:1195-1197) verwendet. Die Konstruktion der binären Vektoren, die die zu exprimierenden Nukleinsäuren enthalten, erfolgt durch Ligation der cDNA in Sense-Orientierung in die T-DNA erfolgen. 5' der cDNA aktiviert ein Pflanzen-
25 promotor die Transkription der cDNA. Eine Polyadenylierungssequenz befindet sich 3' von der cDNA. Die binären Vektoren können unterschiedliche Markergene tragen wie beispielsweise das Acetolactat Synthasegens (AHAS oder ALS) [Ott et al., J. Mol. Biol. 1996, 263:359-360], das eine Resistenz gegen die Imidazolinone vermittelt oder das nptII-Markergen, das für eine Kanamycin-Resistenz vermittelt durch Neomycinphosphotransferase codiert.
30

Die gewebespezifische Expression der Nukleinsäuren lässt sich unter Verwendung eines gewebespezifischen Promotors erzielen. Wenn nicht anders beschrieben wurde der LeB4- oder der USP-Promotor oder der Phaseolin-Promotor 5' der cDNA einkloniert wird. Als Terminatoren wurde der NOS-Terminator und der OCS-Terminator
35 verwendet (siehe Figur 1). Figur 1 zeigt eine Vektorkarte des zur Expression verwendeten Vektor pSUN3CeLPLAT.

Auch jedes andere samenspezifische Promotorelement wie z.B. der Napin- oder Arcelin Promotor Goossens et al. 1999, Plant Phys. 120(4):1095-1103 und Gerhardt et al. 2000, Biochimica et Biophysica Acta 1490(1-2):87-98) kann verwendet werden.

Zur konstitutiven Expression in der ganzen Pflanze lässt sich der CaMV-35S-Promotor oder ein v-ATPase C1 Promotor verwenden.

- 5 Die im Verfahren verwendeten Nukleinsäuren, die für die Acyl-CoA:Lysophospholipid-Acyltransferasen; Desaturasen oder Elongasen codieren, wurden durch Konstruktion mehrerer Expressionskassetten hintereinander in einen binären Vektor kloniert, um den Stoffwechselweg in Pflanzen nachzubilden.

- 10 Innerhalb einer Expressionskassette kann das zu exprimierende Protein unter Verwendung eines Signalpeptids, beispielsweise für Plastiden, Mitochondrien oder das Endoplasmatische Retikulum, in ein zelluläres Kompartiment dirigiert werden (Kermode, Crit. Rev. Plant Sci. 15, 4 (1996) 285-423). Das Signalpeptid wird 5' im Leseraster mit der cDNA einkloniert, um die subzelluläre Lokalisierung des Fusionsprotein zu erreichen.

Beispiele für Multiexpressionskassetten wurden in DE 102 19 203 offenbart und sind im folgenden nochmals wiedergegeben.

- 15 i.) Promotor-Terminator-Kassetten

- 20 Expressionskassetten bestehen aus wenigstens zwei funktionellen Einheiten wie einem Promotor und einem Terminator. Zwischen Promotor und Terminator können weitere gewünschte Gensequenzen wie Targetting-Sequenzen, Codierregionen von Genen oder Teilen davon etc. eingefügt werden. Zum Aufbau der Expressionskassetten wurden Promotoren und Terminatoren (USP Promotor: Bäumlein et al., Mol Gen Genet, 1991, 225 (3):459-67); OCS Terminator: Gielen et al. EMBO J. 3 (1984) 835ff.) mithilfe der Polymerasekettenreaktion isoliert und mit flankierenden Sequenzen nach Wahl auf Basis von synthetischen Oligonukleotiden maßgeschneidert.

Folgende Oligonukleotide können beispielsweise verwendet werden:

- 25 USP1 vorne:

- CCGGAATTCGGCGCGCCGAGCTCCTCGAGCAAATTTACACATTGCCA -

USP2 vorne:

- CCGGAATTCGGCGCGCCGAGCTCCTCGAGCAAATTTACACATTGCCA -

USP3 vorne:

- 30 - CCGGAATTCGGCGCGCCGAGCTCCTCGAGCAAATTTACACATTGCCA -

USP1 hinten:

- AAAACTGCAGGCGGCCGCCACCGCGGTGGGCTGGCTATGAAGAAATT -

USP2 hinten:

- CGCGGATCCGCTGGCTATGAAGAAATT -

USP3 hinten:

- TCCCCCGGGATCGATGCCGGCAGATCTGCTGGCTATGAAGAAATT -

OCS1 vorne:

- AAAACTGCAGTCTAGAAGGCCTCCTGCTTTAATGAGATAT -

5 OCS2 vorne:

- CGCGGATCCGATATCGGGCCCGCTAGCGTTAACCCTGCTTTAATGAGATAT -

OCS3 vorne:

- TCCCCCGGGCCATGGCCTGCTTTAATGAGATAT -

OCS1 hinten:

10 - CCCAAGCTTGGCGCGCCGAGCTCGAATTCGTGACGGACAATCAGTAAATTGA -

OCS2 hinten:

- CCCAAGCTTGGCGCGCCGAGCTCGAATTCGTGACGGACAATCAGTAAATTGA -

OCS3 hinten:

- CCCAAGCTTGGCGCGCCGAGCTCGTACGGACAATCAGTAAATTGA -

15 Die Methoden sind dem Fachmann auf dem Gebiet bekannt und sind allgemein literaturbekannt.

In einem ersten Schritt wurden ein Promotor und ein Terminator über PCR amplifiziert. Dann wurde der Terminator in ein Empfängerplasmid kloniert und in einem zweiten Schritt der Promotor vor den Terminator inseriert. Dadurch wurde eine Expressions-

20 kassette in das Basis-Plasmid cloniert. Auf Basis des Plamides pUC19 wurden so die Plasmide pUT1, 2 und 3 erstellt:

Die entsprechenden Konstrukte bzw. Plasmide sind in SEQ ID NO: 52, 53 und 54 definiert. Sie enthalten den USP-Promotor und den OCS Terminator. Auf Basis dieser Plasmide wurde das Konstrukt pUT12 erstellt, indem pUT1 mittels SalI/Scal geschnitten wurde und pUT2 mittels XhoI/Scal geschnitten wurde. Die die Expressionskassetten enthaltenden Fragmente wurden ligiert und in E. coli XL1 blue MRF transformiert. Es wurde nach Vereinzelung von ampicillinresistenten Kolonien DNA präpariert und per Restriktionsanalyse solche Klone identifiziert, die zwei Expressionskassetten enthalten. Die XhoI/SalI Ligation kompatibler Enden hat dabei die beiden Schnittstellen

25 XhoI und SalI zwischen den Expressionskassetten eliminiert. Das resultierende Plasmid pUT12 wird in SEQ ID NO: 55 wiedergegeben. Anschließend wurde pUT12 wiederum mittels Sal/Scal geschnitten und pUT3 mittels XhoI/Scal geschnitten. Die die Expressionskassetten enthaltenden Fragmente wurden ligiert und in E. coli XLI blue MRF transformiert. Es wurde wieder nach Vereinzelung aus ampicillinresistenten

30 Kolonien DNA präpariert und per Restriktionsanalyse solche Klone identifiziert, die drei Expressionskassetten enthalten. Auf diese Weise wurde ein Set von Multiexpressions-

35 kassetten geschaffen, dass für die Insertion gewünschter DNA genutzt werden kann

und in Tabelle 1 beschrieben wird und zudem noch weitere Expressionskassetten aufnehmen kann.

Diese enthalten folgende Elemente:

Tabelle 1

PUC19-Derivat	Schnittstellen vor dem USP Promotor	Multiple Klonierungs-Schnittstellen	Schnittstellen hinter dem OCS-Terminator
PUT1	EcoRI/AscI/ SacI/XhoI	BstXI/NotI/ PstI/XbaI/StuI	SalI/EcoRI/ SacI/AscI/ HindIII
PUT2	EcoRI/AscI/ SacI/XhoI	BamHI/EcoRV/ ApaI/NheI/ HpaI	SalI/EcoRI/ SacI/AscI/ HindIII
PUT3	EcoRI/AscI/ SacI/XhoI	BglII/NaeI/ ClaI/SmaI/NcoI	SalI/SacI/ AscI/HindIII
PUT12 Doppel-expressions-kassette	EcoRI/AscI/ SacI/XhoI	BstXI/NotI/ PstI/XbaI/StuI Und BamHI/EcoRV/ ApaI/NheI/ HpaI	SalI/EcoRI/ SacI/AscI/ HindIII
PUT123 Tripel-expressions-kassette	EcoRI/AscI/ SacI/XhoI	1. BstXI/NotI/ PstI/XbaI/StuI und 2. BamHI/EcoRV/ ApaI/NheI/ HpaI und 3. BglII/NaeI/ ClaI/SmaI/NcoI	SalI/SacI/AscI/HindIII

5

Weiterhin lassen sich wie beschrieben und wie in Tabelle 2 näher spezifiziert weitere Multiexpressionskassetten mithilfe des

i) USP-Promotors oder mithilfe des

ii) 700 Basenpaare 3'-Fragmentes des LeB4-Promotors oder mithilfe des

10 iii) DC3-Promotors erzeugen und für samenspezifische Genexpression einsetzen.

Der DC3-Promotor ist beschrieben bei Thomas, Plant Cell 1996, 263:359-368 und besteht lediglich aus der Region -117 bis +26 weshalb er mithin einer der kleinsten bekannten samenspezifischen Promotoren darstellt. Die Expressionskassetten können mehrfach den selben Promotor enthalten oder aber über drei verschiedene Promotoren

15

Vorteilhaft verwendete Polylinker- bzw. Polylinker-Terminator-Polylinker sind den Sequenzen SEQ ID NO: 60 bis 62 zu entnehmen.

Tabelle 2: Multiple Expressionskassetten

Plasmidname des pUC19-Derivates	Schnittstellen vor dem jeweiligen Promotor	Multiple Klonierungs-Schnittstellen	Schnittstellen hinter dem OCS-Terminator
pUT1 (pUC19 mit USP-OCS1)	EcoRI/AscI/SacI/XhoI	(1) BstXI/NotI/PstI/XbaI/StuI	SalI/EcoRI/SacI/AscI/HindIII
PDCT (pUC19 mit DC3-OCS)	EcoRI/AscI/SacI/XhoI	(2) BamHI/EcoRV/ApaI/NheI/HpaI	SalI/EcoRI/SacI/AscI/HindIII
PleBT (pUC19-mit LeB4(700)-OCS)	EcoRI/AscI/SacI/XhoI	(3) BglII/NaeI/ClaI/SmaI/NcoI	SalI/SacI/AscI/HindIII
PUD12 (pUC 19 mit mit USP-OCS1 und mit DC3-OCS)	EcoRI/AscI/SacI/XhoI	(1) BstXI/NotI/PstI/XbaI/StuI und (2) BamHI/EcoRV/ApaI/NheI/HpaI	SalI/EcoRI/SacI/AscI/HindIII
PUDL123 Triple expression cassette (pUC19 mit USP/DC3 und LeB4-700)	EcoRI/AscI/SacI/XhoI	(1) BstXI/NotI/PstI/XbaI/StuI und (2) BamHI (EcoRV*)/ApaI/NheI/HpaI und (3) BglII/NaeI/ClaI/SmaI/NcoI	SalI/SacI/AscI/HindIII

* EcoRV Schnittstelle schneidet im 700 Basenpaarfragment des LeB4 Promotors (LeB4-700)

5 Analog lassen sich weitere Promotoren für Multigenkonstrukte erzeugen insbesondere unter Verwendung des

a) 2,7 kB Fragmentes des LeB4-Promotors oder mithilfe des

b) Phaseolin-Promotors oder mithilfe des

c) konstitutiven v-ATPase c1-Promotors.

10 Es kann insbesondere wünschenswert sein, weitere besonders geeignete Promotoren zum Aufbau samenspezifischer Multiexpressionskassetten wie z.B. den Napin-Promotor oder den Arcelin-5 Promotor zu verwenden.

Weitere in Pflanzen nutzbare Vektoren mit einer bzw. zwei oder drei Promotor-Terminator-Expressionkassetten sind den Sequenzen SEQ ID NO: 63 bis

15 SEQ ID NO: 68 zu entnehmen.

ii.) Erstellung von Expressionskonstrukten, die Promotor, Terminator und gewünschte Gensequenz zur PUFA Genexpression in pflanzlichen Expressionskassetten enthalten.

- In pUT123 wird zunächst über BstXI und XbaI die Δ -6-Elongase Pp_PSE1 in die erste Kassette inseriert. Dann wird die Δ -6-Desaturase aus Moos (Pp_des6) über BamHI/NaeI in die zweite Kassette inseriert und schließlich die Δ -5-Desaturase aus Phaeodactylum (Pt_des5) über BglII/NcoI in die dritte Kassette inseriert (siehe SEQ ID NO: 56). Das Dreifachkonstrukt erhält den Namen pARA1. Unter Berücksichtigung sequenzspezifischer Restriktionsschnittstellen können weitere Expressionskassetten gemäß Tabelle 3 mit der Bezeichnung pARA2, pARA3 und pARA4 erstellt werden.

Tabelle 3: Kombinationen von Desaturasen und Elongasen

Gen Plasmid	Δ -6-Desaturase	Δ -5-Desaturase	Δ -6-Elongase
pARA1	Pp_des6	Pt_des5	Pp_PSE1
pARA2	Pt_des6	Pt_des5	Pp_PSE1
pARA3	Pt_des6	Ce_des5	Pp_PSE1
pARA4	Ce_des6	Ce_des5	Ce_PSE1

des5 = PUFA spezifische Δ -5-Desaturase

des6 = PUFA spezifische Δ -6-Desaturase

PSE = PUFA spezifische Δ -6-Elongase

Pt_des5 = Δ -5-Desaturase aus Phaeodactylum tricornutum

- 15 Pp_des6 oder Pt_des6 = Δ -6-Desaturase aus Physcomitrella patens bzw. Phaeodactylum tricornutum

Pp = Physcomitrella patens, Pt = Phaeodactylum tricornutum

Pp_PSE1 = Δ -6-Elongase aus Physcomitrella patens

Pt_PSE1 = Δ -6-Elongase aus Phaeodactylum tricornutum

- 20 Ce_des5 = Δ -5-Desaturase aus Caenorhabditis elegans (Genbank Acc. Nr. AF078796)
Ce_des6 = Δ -6-Desaturase aus Caenorhabditis elegans (Genbank Acc. Nr. AF031477, Basen 11-1342)

Ce_PSE1 = Δ -6-Elongase aus Caenorhabditis elegans (Genbank Acc. Nr. AF244356, Basen 1-867)

- 25 Auch weitere Desaturasen oder Elongasegensequenzen können in Expressionskassetten beschriebener Art inseriert werden wie z.B. Genbank Acc. Nr. AF231981, NM_013402, AF206662, AF268031, AF226273, AF110510 oder AF110509.

iii.) Transfer von Expressionskassetten in Vektoren zur Transformation von Agrobacterium tumefaciens und zur Transformation von Pflanzen

- 30 Die so erstellten Konstrukte wurden mittels AscI in den binären Vektor pGPTV inseriert. Die multiple Klonierungssequenz wurde zu diesem Zweck um eine AscI Schnittstelle erweitert. Zu diesem Zweck wurde der Polylinker als zwei doppelsträngige Oligonukleotide neu synthetisiert, wobei eine zusätzliche AscI DNA Sequenz eingefügt wird. Das Oligonukleotid wurde mittels EcoRI und HindIII in den Vektor pGPTV inseriert. Die

notwendigen Kloniertechniken sind dem Fachmann bekannt und können einfach wie in Beispiel 1 beschrieben nachgelesen werden.

Für die im folgenden beschriebenen Versuche wurden als Nukleinsäuresequenzen für die Δ -5-Desaturase (SEQ ID NO: 50), die Δ -6-Desaturase (SEQ ID NO: 46) und die Δ -6-Elongase (SEQ ID NO: 48), die Sequenzen aus *Physcomitrella patens* und *Phaedactylum tricornutum* verwendet. Die entsprechenden Aminosäuresequenzen sind den Sequenzen SEQ ID NO: 47, SEQ ID NO: 49 und SEQ ID NO: 51 zu entnehmen. Ein Vektor der alle vorgenannten Gene enthält ist in SEQ ID NO: 56 wiedergegeben. Die korrespondierenden Aminosäuresequenzen der Gene sind SEQ ID NO: 57, SEQ ID NO: 58 und SEQ ID NO: 59 zu entnehmen.

Beispiel 2: Klonierung und Charakterisierung der ceLPLATs (SEQ ID NO: 38 - 44)

a) Datenbanken-Suche

Die Identifizierung der ceLPLATs (= Acyl-CoA:Lysophospholipid-Acyltransferase aus *Caenorhabditis elegans*) erfolgte durch Sequenzvergleiche mit bekannten LPA-ATs. Die Suche wurde mit Hilfe des BLAST-Psi-Algorithmus (Altschul et al., J. Mol. Biol. 1990, 215: 403-410) auf das Nematodengenom (*Caenorhabditis elegans*) beschränkt, da dieser Organismus LCPUFAs synthetisiert. Für den Sequenzvergleich diente als Sonde eine LPAAT Proteinsequenz aus *Mus musculus* (MsLPAAT Accession Nr. NP_061350). LPLAT katalysiert durch eine reversible Transferasereaktion die ATP-unabhängige Synthese von Acyl-CoAs aus Phospholipiden mit Hilfe von CoA als Cofactor (Yamashita et al., J. Biol. Chem. 2001, 276: 26745-26752). Durch Sequenzvergleiche konnten zwei putative ceLPLAT-Sequenzen identifiziert werden (Accession Nr. T06E8.1 bzw. F59F4.4). Die identifizierten Sequenzen weisen die größte Ähnlichkeit jeweils zueinander und zu MsLPAATs auf (Figur 2). Das Alignment wurde mit dem Programm Clustal erstellt.

b) Klonierung der CeLPLATs

Auf der Basis der ceLPLAT-Nukleinsäuresequenzen wurden Primerpaare synthetisiert (Tab. 1) und mittels PCR-Verfahren die zugehörigen cDNAs aus einer *C. elegans*-cDNA-Bank isoliert. Die entsprechenden Primerpaare wurden so ausgewählt, dass sie die Hefe-Konsensus-Sequenz für hocheffiziente Translation (Kozak, Cell 1986, 44:283-292) neben dem Startcodon trugen. Die Amplifizierung der LPLAT-cDNAs wurde jeweils mit 2 μ l cDNA-Bank-Lösung als Template, 200 μ M dNTPs, 2,5 U "proof-reading" *pfu*-Polymerase und 50 pmol eines jeden Primers in einem Gesamtvolumen von 50 μ l durchgeführt. Die Bedingungen für die PCR waren wie folgt: Erste Denaturierung bei 95°C für 5 Minuten, gefolgt von 30 Zyklen bei 94°C für 30 Sekunden, 58°C für eine Minute und 72°C für 2 Minuten sowie ein letzter Verlängerungsschritt bei 72°C für 10 Minuten. Die Sequenz der LPLAT-cDNAs wurde durch DNA-Sequenzierung bestätigt.

Tabelle 4: Nukleotidsequenzen der PCR-Primer zur Klonierung von CeLPLATs

Primer	Nukleotidsequenz
5' T06E8.1f*	5' ACATAATGGAGAACTTCTGGTCGATCGTC 3'
3' T06E8.1r*	5' TTA CTCAGATTTCTTCCCGTCTTT 3'
5' F59F4.4f*	5' ACATAATGACCTTCCTAGCCATATTA 3'
3' F59F4.4r*	5' TCAGATATTCAAATTGGCGGCTTC 3'

* f: forward, r: reverse

Beispiel 3: Analyse der Auswirkung der rekombinanten Proteine auf die Produktion des gewünschten Produktes

5 a) Aufarbeitungsmöglichkeiten

Die Auswirkung der genetischen Modifikation in Pilzen, Algen, Ciliaten oder wie in den Beispielen weiter oben beschrieben in Hefen auf die Produktion der mehrfach ungesättigten Fettsäuren oder Pflanzen kann bestimmt werden, indem die modifizierten Mikroorganismen oder die modifizierte Pflanze unter geeigneten Bedingungen (wie den vorstehend beschriebenen) gezüchtet werden und das Medium und/oder die zellulären Komponenten auf die erhöhte Produktion der Lipide oder Fettsäuren untersucht wird. Diese Analysetechniken sind dem Fachmann bekannt und umfassen Spektroskopie, Dünnschichtchromatographie, Färbeverfahren verschiedener Art, enzymatische und mikrobiologische Verfahren sowie analytische Chromatographie, wie Hochleistungs-Flüssigkeitschromatographie (siehe beispielsweise Ullman, Encyclopedia of Industrial Chemistry, Bd. A2, S. 89-90 und S. 443-613, VCH: Weinheim (1985); Fallon, A., et al., (1987) "Applications of HPLC in Biochemistry" in: Laboratory Techniques in Biochemistry and Molecular Biology, Bd. 17; Rehm et al. (1993) Biotechnology, Bd. 3, Kapitel III: "Product recovery and purification", S. 469-714, VCH: Weinheim; Belter, P.A., et al. (1988) Bioseparations: downstream processing for Biotechnology, John Wiley and Sons; Kennedy, J.F., und Cabral, J.M.S. (1992) Recovery processes for biological Materials, John Wiley and Sons; Shaeiwitz, J.A., und Henry, J.D. (1988) Biochemical Separations, in: Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry, Bd. B3; Kapitel 11, S. 1-27, VCH: Weinheim; und Dechow, F.J. (1989) Separation and purification techniques in biotechnology, Noyes Publications).

Neben den oben erwähnten Verfahren zum Nachweis von Fettsäuren in Hefen werden Pflanzenlipide aus Pflanzenmaterial wie von Cahoon et al. (1999) Proc. Natl. Acad. Sci. USA 96 (22):12935-12940, und Browse et al. (1986) Analytic Biochemistry 152:141-

145, beschrieben extrahiert. Die qualitative und quantitative Lipid- oder Fettsäureanalyse ist beschrieben bei Christie, William W., *Advances in Lipid Methodology*, Ayr/Scotland: Oily Press (Oily Press Lipid Library; 2); Christie, William W., *Gas Chromatography and Lipids. A Practical Guide* - Ayr, Scotland: Oily Press, 1989, Repr. 5 1992, IX, 307 S. (Oily Press Lipid Library; 1); "Progress in Lipid Research, Oxford: Pergamon Press, 1 (1952) - 16 (1977) u.d.T.: Progress in the Chemistry of Fats and Other Lipids CODEN.

10 So kann die Analyse von Fettsäuren oder Triacylglycerin (= TAG, Abkürzungen in Klammern angegeben) z.B. mittels Fettsäuremethylester (= FAME), Gas-Flüssigkeitschromatographie-Massenspektrometrie (= GC-MS) oder Dünnschichtchromatographie (TLC) erfolgen.

15 Der unzweideutige Nachweis für das Vorliegen von Fettsäureprodukten kann mittels Analyse rekombinanter Organismen nach Standard-Analyseverfahren erhalten werden: GC, GC-MS oder TLC, wie verschiedentlich beschrieben von Christie und den Literaturstellen darin (1997, in: *Advances on Lipid Methodology*, Vierte Aufl.: Christie, Oily Press, Dundee, 119-169; 1998, *Gaschromatographie-Massenspektrometrie-Verfahren*, Lipide 33:343-353).

20 Das zu analysierende Pflanzenmaterial kann dazu entweder durch Ultraschallbehandlung, Mahlen in der Glasmühle, flüssigen Stickstoff und Mahlen oder über andere anwendbare Verfahren aufgebrochen werden. Das Material wird dann anschließend nach dem Aufbrechen zentrifugiert. Das Sediment wird danach in Aqua dest. re-suspendiert, 10 min bei 100°C erhitzt, auf Eis abgekühlt und erneut zentrifugiert, gefolgt von Extraktion in 0,5 M Schwefelsäure in Methanol mit 2 % Dimethoxypropan für 1 Std. bei 90°C, was zu hydrolysierten Öl- und Lipidverbindungen führt, die 25 transmethylierte Lipide ergeben. Diese Fettsäuremethylester können anschließend in Petrolether extrahiert und schließlich einer GC-Analyse unter Verwendung einer Kapillarsäule (Chrompack, WCOT Fused Silica, CP-Wax-52 CB, 25 Mikrom, 0,32 mm) bei einem Temperaturgradienten zwischen 170°C und 240°C für 20 min und 5 min bei 30 240°C unterworfen werden. Die Identität der erhaltenen Fettsäuremethylester lassen sich unter Verwendung von Standards, die aus kommerziellen Quellen erhältlich sind (d.h. Sigma), definieren.

Bei Fettsäuren, für die keine Standards verfügbar sind, kann die Identität über Derivatisierung und anschließende GC-MS-Analyse gezeigt werden. Beispielsweise wird die 35 Lokalisierung von Fettsäuren mit Dreifachbindung über GC-MS nach Derivatisierung mit 4,4-Dimethoxyoxazolin-Derivaten (Christie, 1998, siehe oben) gezeigt.

b) Fettsäureanalyse in Pflanzen

Die Gesamt-Fettsäuren wurden aus Pflanzensamen extrahiert und mittels Gaschromatographie analysiert.

Die Samen wurden mit 1 % Natriummethanolat in Methoanol aufgenommen und 20 min bei RT (ca. 22 °C) inkubiert. Anschließend wurde mit NaCl Lösung gewaschen und die FAME in 0,3 ml Heptan aufgenommen.

- 5 Die Proben wurden auf einer ZEBRON-ZB-Wax-Kapillarsäule (30 m, 0,32 mm, 0,25 mikrom; Phenomenex) in einem Hewlett Packard-6850-Gaschromatograph mit einem Flammenionisationsdetektor aufgetrennt. Die Ofentemperatur wurde von 70°C (1 min halten) bis 200°C mit einer Rate von 20°C/min, dann auf 250°C (5 min halten) mit einer Rate von 5°C/min und schließlich auf 260°C mit einer Rate von 5°C/min programmiert. Stickstoff wurde als Trägergas verwendet (4,5 ml/min bei 70°C). Die 10 Fettsäuren wurden durch Vergleich mit Retentionszeiten von FAME-Standards (SIGMA) identifiziert.

Beispiel 4: Funktionelle Charakterisierung der CeLPLATs in Hefe

a) Heterologe Expression in *Saccharomyces cerevisiae*

- 15 Zur Charakterisierung der Funktion der CeLPLATs aus *C. elegans* (SEQ ID NO: 38 - 44) wurden die offenen Leserahmen der jeweiligen cDNAs stromabwärts des Galactose-induzierbaren GAL1-Promotors von pYes2.1Topo unter Verwendung des pYes2.1TOPO TA Expression Kit (Invitrogen) kloniert, wobei pYes2-T06E8.1 und pYes2-F59F4.4 erhalten wurden.

- 20 Da die Expression der CeLPLATs zu einem effizienten Austausch der Acyl-Substrate führen sollte, wurde weiterhin das Doppelkonstrukt pESCLeu-PpD6-Pse1 hergestellt, das die offenen Leserahmen einer Δ6-Desaturase (PpD6) und einer Δ6-Elongase (PSE1) aus *Physcomitrella patens* (siehe DE 102 19 203) beinhaltet. Die Nukleinsäuresequenz der Δ6-Desaturase (PpD6) und der Δ6-Elongase (Pse1) werden jeweils in SEQ ID NO: 46 und SEQ ID NO: 48 wiedergegeben. Die korrespondierenden Aminosäuresequenzen sind SEQ ID NO: 47 und SEQ ID NO: 49 zu entnehmen.

- 30 Die *Saccharomyces cerevisiae*-Stämme C13ABYS86 (Protease-defizient) und INVSc1 wurde mittels eines modifizierten PEG/Lithiumacetat-Protokolls gleichzeitig mit den Vektoren pYes2-T06E8.1 und pESCLeu-PpD6-Pse1 bzw. pYes2-F59F4.4 und pESCLeu-PpD6-Pse1 transformiert. Als Kontrolle wurde eine Hefe verwendet, die mit dem Vektor pESCLeu-PpD6-Pse1 und dem leeren Vektor pYes2 transformiert wurde. Die Selektion der transformierten Hefen erfolgte auf Komplet-Minimalmedium (CMdum)-Agarplatten mit 2% Glucose, aber ohne Uracil und Leucin. Nach der Selektion wurden 4 Transformanten, zwei pYes2-T06E8.1/pESCLeu-PpD6-Pse1 und zwei pYes2-F59F4.4/pESCLeu-PpD6-Pse1 und eine pESCLeu-PpD6-Pse1/ pYes2 zur 35 weiteren funktionellen Expression ausgewählt. Die beschriebenen Experimente wurden auch im Hefestamm INVSc1 durchgeführt.

Für die Expression der CeLPAATs wurden zunächst Vorkulturen aus jeweils 2 ml CMdum-Flüssigmedium mit 2% (w/v) Raffinose, aber ohne Uracil und Leucin mit den ausgewählten Transformanten angeimpft und 2 Tage bei 30°C, 200rpm inkubiert. 5 ml

CMdum-Flüssigmedium (ohne Uracil und Leucin) mit 2% Raffinose, 1% (v/v) Tergitol NP-40 und 250 µM Linolsäure (18:2^{Δ9,12}) oder Linolensäure (18:3^{Δ9,12,15}) wurden dann mit den Vorkulturen auf eine OD₆₀₀ von 0,08 angeimpft. Die Expression wurde bei einer OD₆₀₀ von 0,2-0,4 durch die Zugabe von 2% (w/v) Galactose induziert. Die Kulturen wurden für weitere 48 h bei 20°C inkubiert.

Fettsäureanalyse

Die Hefezellen aus den Hauptkulturen wurden durch Zentrifugation (100 x g, 10 min, 20°C) geerntet und mit 100 mM NaHCO₃, pH 8,0 gewaschen, um restliches Medium und Fettsäuren zu entfernen. Aus den Hefe-Zellsedimenten wurden Fettsäuremethylester (FAMES) durch saure Methanolyse hergestellt. Hierzu wurden die Zellsedimente mit 2 ml 1N methanolischer Schwefelsäure und 2% (v/v) Dimethoxypropan für 1 h bei 80°C inkubiert. Die Extraktion der FAMES erfolgte durch zweimalige Extraktion mit Petrolether (PE). Zur Entfernung nicht derivatisierter Fettsäuren wurden die organischen Phasen je einmal mit 2 ml 100 mM NaHCO₃, pH 8,0 und 2 ml Aqua dest. gewaschen. Anschließend wurden die PE-Phasen mit Na₂SO₄ getrocknet, unter Argon eingedampft und in 100 µl PE aufgenommen. Die Proben wurden auf einer DB-23-Kapillarsäule (30 m, 0,25 mm, 0,25 µm, Agilent) in einem Hewlett-Packard 6850-Gaschromatographen mit Flammenionisationsdetektor getrennt. Die Bedingungen für die GLC-Analyse waren wie folgt: Die Ofentemperatur wurde von 50°C bis 250°C mit einer Rate 5°C/min und schließlich 10 min bei 250°C (halten) programmiert.

Die Identifikation der Signale erfolgte durch Vergleiche der Retentionszeiten mit entsprechenden Fettsäurestandards (Sigma).

Acyl-CoA Analyse

Die Acyl-CoA-Analyse erfolgte wie bei Larson and Graham (2001; Plant Journal 25: 115-125) beschrieben.

Expressionsanalyse

Figuren 2 A und B sowie 3 A und B zeigen die Fettsäureprofile von transgenen C13ABYS86 Hefen, die mit 18:2^{Δ9,12} bzw. 18:3^{Δ9,12,15} gefüttert wurden. Die gefütterten Substrate sind in großen Mengen in allen transgenen Hefen nachzuweisen. Alle vier transgenen Hefen zeigen eine Synthese von 18:3^{Δ6,9,12} und 20:3^{Δ8,11,14} bzw. 18:4^{Δ6,9,12,15} und 20:4^{Δ8,11,14,17}, den Produkten der Δ-6- Desaturase und Δ-6-Elongase Reaktionen. Dies bedeutet, dass die Gene PpD6 und Pse1 funktional exprimiert werden konnten.

Figur 3 gibt wie oben beschrieben die Fettsäureprofile von transgenen C13ABYS86 *S. cerevisiae*-Zellen. Die Synthese der Fettsäuremethylester erfolgte durch saure Methanolyse intakter Zellen, die entweder mit den Vektoren pESCLEu-PpD6-Pse1/pYes2 (A) oder pYes2-T06E8.1/pESCLEu-PpD6-Pse1 (B) transformiert worden

waren. Die Hefen wurden in Minimalmedium in Gegenwart von $18:2^{\Delta 9,12}$ kultiviert. Anschließend wurden die Fettsäuremethylester über GLC analysiert.

In den Kontroll-Hefen, die mit den Vektoren pESCLeu-PpD6-Pse1/pYes2 transformiert wurden, ist der Anteil von $20:3^{\Delta 8,11,14}$, zu dem $18:3^{\Delta 6,9,12}$ durch Pse1 elongiert wird, wesentlich niedriger als in den Hefen, die zusätzlich die LPLAT T06E8.1 exprimieren. Tatsächlich konnte die Elongation von $18:3^{\Delta 6,9,12}$ und $18:4^{\Delta 6,9,12,15}$ durch die zusätzliche Expression von CeLPLAT (T06E8.1) um 100-150% verbessert werden (Figur 4). Diese signifikante Erhöhung des LCPUFA-Gehalts ist nur wie folgt zu erklären: die exogen gefütterten Fettsäuren ($18:2^{\Delta 9,12}$ bzw. $18:3^{\Delta 9,12,15}$) werden zunächst in Phospholipide eingebaut und dort von der Δ -6-Desaturase zu $18:3^{\Delta 6,9,12}$ und $18:4^{\Delta 6,9,12,15}$ desaturiert. Erst nach Reäquilibration mit dem Acyl-CoA-Pool können $18:3^{\Delta 6,9,12}$ und $18:4^{\Delta 6,9,12,15}$ durch die Elongase zu $20:3^{\Delta 8,11,14}$ - bzw. $20:4^{\Delta 8,11,14,17}$ -CoA elongiert und dann wieder in die Lipide eingebaut werden. Die LPLAT T06E8.1 ist in der Lage, die Δ 6-desaturierten Acylgruppen sehr effizient in CoA-Thioester zurückzuverwandeln. Interessanterweise konnte auch die Elongation der gefütterten Fettsäuren $18:2^{\Delta 9,12}$ und $18:3^{\Delta 9,12,15}$ verbessert werden. (Figur 2 A und B bzw. 5 A und B).

Figur 5 gibt die Fettsäureprofile von transgenen C13ABYS86 *S. cerevisiae*-Zellen. Die Synthese der Fettsäuremethylester erfolgte durch saure Methanolyse intakter Zellen, die entweder mit den Vektoren pESCLeu-PpD6-Pse1/pYes2 (A) oder pYes2-T06E8.1/pESCLeu-PpD6-Pse1 (B) transformiert worden waren. Die Hefen wurden in Minimalmedium in Gegenwart von $18:3^{\Delta 9,12,15}$ kultiviert. Anschließend wurden die Fettsäuremethylester über GLC analysiert.

Die Expression einer anderen CeLPLAT (F59F4.4) hat dagegen keinen Einfluss auf die Elongation (Figur 4). Offenbar kodiert F59F4.4 nicht für eine LPLAT. Nicht jede der putativen LPLAT Nukleinsäuresequenzen ist also enzymatisch aktiv in der erfindungsgemäß gefundenen Reaktion.

Figur 4 gibt die Elongation exogen applizierter $18:2^{\Delta 9,12}$ bzw. $18:3^{\Delta 9,12,15}$ im Anschluss an ihre endogene Δ -6-Desaturierung (Daten aus Fig. 2 und 5) wieder. Die exogen gefütterten Fettsäuren werden zunächst in Phospholipide eingebaut und dort zu $18:3^{\Delta 6,9,12}$ und $18:4^{\Delta 6,9,12,15}$ desaturiert. Erst nach Reäquilibration mit dem Acyl-CoA-Pool können $18:3^{\Delta 6,9,12}$ und $18:4^{\Delta 6,9,12,15}$ durch die Elongase zu $20:3^{\Delta 8,11,14}$ - bzw. $20:4^{\Delta 8,11,14,17}$ -CoA elongiert und dann wieder in die Lipide eingebaut werden. Die LPLAT T06E8.1 ist in der Lage, die Δ -6-desaturierten Acylgruppen effizient in CoA-Thioester zurückzuverwandeln.

Diese Ergebnisse zeigen, dass die CeLPLAT (T06E8.1) nach Co-expression mit der Δ -6-Desaturase und Δ -6-Elongase zu einer effizienten Produktion von C20-PUFAs führt. Diese Ergebnisse sind dadurch zu erklären, dass die CeLPLAT (T06E8.1) einen effizienten Austausch der neusynthetisierten Fettsäuren zwischen Lipiden und dem Acyl-CoA-Pool ermöglicht (siehe Figur 6).

Figur 6 gibt die Acyl-CoA-Zusammensetzung transgener INVSc1 Hefen, die mit den Vektoren pESCLEu PpD6Pse1/pYes2 (A) oder pESCLEu-PpD6-Pse1/pYes2-T06E8.1 (B) transformiert worden waren, wieder. Die Hefezellen wurden in Minimalmedium ohne Uracil und Leucin in Gegenwart von $250 \mu\text{M}$ $18:2^{\Delta 9,12}$ kultiviert. Die Acyl-CoA-Derivate wurden über HPLC analysiert.

Bei Verwendung des Hefe-Stammes INVSc1 zur Co-Expression von CeLPLAT (T06E8.1) zusammen mit PpD6 und Pse1 ergibt sich folgendes Bild: Kontrollhefen, die PpD6 und Pse1 exprimieren, enthalten wie schon bei Verwendung des Stammes C13ABYS86 gezeigt nur geringe Mengen des Elongationsprodukts ($20:3^{\Delta 8,11,14}$ bei Fütterung von $18:2$ bzw. $20:4^{\Delta 8,11,14,17}$ bei Fütterung von $18:3$; siehe Figur 7 A und 8 A). Bei zusätzlicher Expression von CeLPLAT (T06E8.1) erfolgt ein deutlicher Anstieg dieser Elongationsprodukte (siehe Figur 7 B und 8 B). Tabelle 5 zeigt, dass die zusätzliche Expression von CeLPLAT überraschenderweise eine 8-fache Erhöhung des Gehaltes an $20:3^{\Delta 8,11,14}$ (bei Fütterung von $18:2$) bzw. $20:4^{\Delta 8,11,14,17}$ (bei Fütterung von $18:3$) bewirkt. Daneben zeigt sich, dass auch $C16:2^{\Delta 6,9}$ zu $C18:2^{\Delta 6,9}$ effizienter elongiert wird.

Figur 7 ist das Fettsäure-Profil von transgenen INVSc1 *S. cerevisiae*-Zellen zu entnehmen. Die Synthese der Fettsäuremethylester erfolgte durch saure Methanolyse intakter Zellen, die entweder mit den Vektoren pESCLEu-PpD6-Pse1/pYes2 (A) oder pYes2-T06E8.1/pESCLEu-PpD6-Pse1 (B) transformiert worden waren. Die Hefen wurden in Minimalmedium in Gegenwart von $18:2^{\Delta 9,12}$ kultiviert. Anschließend wurden die Fettsäuremethylester über GLC analysiert.

Figur 8 gibt die Fettsäure-Profil von transgenen INVSc1 *S. cerevisiae*-Zellen wieder. Die Synthese der Fettsäuremethylester erfolgte durch saure Methanolyse intakter Zellen, die entweder mit den Vektoren pESCLEu-PpD6-Pse1/pYes2 (A) oder pYes2-T06E8.1/pESCLEu-PpD6-Pse1 (B) transformiert worden waren. Die Hefen wurden in Minimalmedium in Gegenwart von $18:3^{\Delta 12,15}$ kultiviert. Anschließend wurden die Fettsäuremethylester über GLC analysiert.

5

Tabelle 5: Fettsäure-Zusammensetzung (in mol %) transgener Hefen, die mit den Vektoren pESCLeu PpD6Pse1/pYes2 (PpD6 Pse1) oder pESCLeu-PpD6-Pse1/pYes2-T06E8.1 (PpD6 Pse1 + T06E8) transformiert worden waren. Die Hefezellen wurden in Minimalmedium ohne Uracil und Leucin in Gegenwart von 250 μM 18:2 ^{$\Delta 9,12$} oder 18:3 ^{$\Delta 9,12,15$} kultiviert. Die Fettsäuremethylester wurden durch saure Methanolyse ganzer Zellen gewonnen und über GLC analysiert. Jeder Wert gibt den Mittelwert ($n = 4$) \pm Standardabweichung wieder.

Fettsäuren	Fütterung mit 250 μM 18:2 ^{$\Delta 9,12$}		Fütterung mit 250 μM 18:3 ^{$\Delta 9,12,15$}	
	PpD6/Pse1	PpD6/Pse1+	PpD6/Pse1	PpD6/Pse1+
		T06E8		T06E8
16:0	15,31 \pm 1,36	15,60 \pm 1,36	12,20 \pm 0,62	16,25 \pm 1,85
16:1 ^{$\Delta 9$}	23,22 \pm 2,16	15,80 \pm 3,92	17,61 \pm 1,05	14,58 \pm 1,93
18:0	5,11 \pm 0,63	7,98 \pm 1,28	5,94 \pm 0,71	7,52 \pm 0,89
18:1 ^{$\Delta 9$}	15,09 \pm 0,59	16,01 \pm 2,53	15,62 \pm 0,34	15,14 \pm 2,61
18:1 ^{$\Delta 11$}	4,64 \pm 1,09	11,80 \pm 1,12	4,56 \pm 0,18	13,07 \pm 1,66
18:2 ^{$\Delta 9,12$}	28,72 \pm 3,25	14,44 \pm 1,61	-	-
18:3 ^{$\Delta 6,9,12$}	3,77 \pm 0,41	4,72 \pm 0,72	-	-
18:3 ^{$\Delta 9,12,15$}	-	-	32,86 \pm 1,20	14,14 \pm 2,52
18:4 ^{$\Delta 6,9,12,15$}	-	-	5,16 \pm 1,04	3,31 \pm 1,15
20:2 ^{$\Delta 11,14$}	2,12 \pm 0,86	4,95 \pm 4,71	-	-
20:3 ^{$\Delta 8,11,14$}	1,03 \pm 0,14	8,23 \pm 1,59	-	-
20:3 ^{$\Delta 11,14,17$}	-	-	4,12 \pm 1,54	6,95 \pm 2,52
20:4 ^{$\Delta 8,11,14,17$}	-	-	1,34 \pm 0,28	8,70 \pm 1,11

10

Ein Maß für die Effizienz der LCPUFA-Biosynthese in transgener Hefe stellt der Quotient aus Gehalt der erwünschten Δ -6-Elongationsprodukt nach Δ -6-Desaturierung (20:3 ^{$\Delta 8,11,14$} bzw. 20:4 ^{$\Delta 8,11,14,17$}) zu Gehalt an zugeführter Fettsäure (18:2 ^{$\Delta 9,12$} bzw. 18:3 ^{$\Delta 9,12,15$}) dar. Dieser Quotient beträgt 0,04 in INVSc1 Kontrollhefen, die PpD6 und Pse1 exprimieren, und 0,60 in Hefen die zusätzlich zu PpD6 und Pse1 CeLPLAT

exprimieren. In anderen Worten: der Gehalt an erwünschtem Δ -6-Elongationsprodukt nach Δ -6-Desaturierung bei Co-Expression von CeLPLAT beträgt 60% des Gehalts der jeweils zugefütterten Fettsäure. In Kontrollhefen beträgt dieser Gehalt nur ca. 4%. Dies bedeutet eine 15-fache Erhöhung der Effizienz der LCPUFA-Biosynthese in transgener Hefe durch Co-Expression von LPLAT.

Interessanterweise bewirkt die Co-Expression von CeLPLAT nicht nur eine Erhöhung der genannten Elongationsprodukte $20:3^{\Delta 8,11,14}$ bzw. $20:4^{\Delta 8,11,14,17}$, sondern auch eine Erhöhung des Verhältnisses $20:3^{\Delta 8,11,14} : 20:2^{\Delta 11,14}$ bzw. $20:4^{\Delta 8,11,14,17} : 20:3^{\Delta 11,14,17}$. Dies bedeutet, dass in Anwesenheit der LPLAT die Δ -6-Elongase bevorzugt mehrfach ungesättigte Fettsäuren ($18:3^{\Delta 6,9,12}$ und $18:4^{\Delta 6,9,12,15}$) als Substrat verwendet, während bei Abwesenheit der LPLAT keine ausgeprägte Substratspezifität zu erkennen ist (auch $18:2^{\Delta 9,12}$ und $18:3^{\Delta 9,12,15}$ werden elongiert). Grund hierfür können Protein-Protein-Wechselwirkungen zwischen Δ -6-Elongase, Δ -6-Desaturase und LPLAT oder posttranslationale Modifikationen (z.B. partielle Proteolyse) sein. Dies würde auch erklären, warum der oben beschriebene Anstieg von Δ -6-Elongationsprodukten bei Co-Expression von Δ -6-Desaturase, Δ -6-Elongase und LPLAT bei Verwendung eines protease-defizienten Hefestamms geringer ausfällt.

Acyl-CoA Analysen von transgenen INVSc1 Hefen, die mit $18:2^{\Delta 9,12}$ gefüttert wurden, ergaben folgendes Ergebnis: in Kontrollhefen, die PpD6 und Pse1 exprimieren, ist kein $18:3^{\Delta 6,9,12}$ -CoA und $20:3^{\Delta 8,11,14}$ -CoA nachweisbar. Dies weist darauf hin, dass weder das Substrat ($18:3^{\Delta 6,9,12}$ -CoA) noch das Produkt ($20:3^{\Delta 8,11,14}$ -CoA) der Δ -6-Elongase in Kontrollhefen in nachweisbaren Mengen vorhanden ist. Dies lässt darauf schließen, dass der Transfer von $18:3^{\Delta 6,9,12}$ aus Membranlipiden in den Acyl-CoA Pool nicht oder nicht richtig stattfindet. Das bedeutet, dass kaum Substrat für die vorhandene Δ -6-Elongase zur Verfügung steht, was wiederum den geringen Gehalt an Elongationsprodukt in Kontrollhefen erklärt. INVSc1 Hefen, die zusätzlich zur PpD6 und Pse1 die CeLPLAT exprimieren und mit $18:2^{\Delta 9,12}$ gefüttert worden waren, weisen keine signifikanten Mengen an $18:3^{\Delta 6,9,12}$ -CoA auf, wohl aber $20:3^{\Delta 8,11,14}$ -CoA. Dies deutet darauf hin, dass LPLAT sehr effizient $18:3^{\Delta 6,9,12}$ aus den Membranlipiden in den Acyl-CoA-Pool überführt. $18:3^{\Delta 6,9,12}$ -CoA wird dann von der Δ -6-Elongase elongiert, so dass kein $18:3^{\Delta 6,9,12}$ -CoA, wohl aber $20:3^{\Delta 8,11,14}$ -CoA nachweisbar ist.

b) Funktionelle Charakterisierung der CeLPLATs in transgenen Pflanzen

Expression funktionaler CeLPLAT in transgenen Pflanzen

In DE 102 19 203 wurden transgene Pflanzen beschrieben, deren Samenöl durch samenspezifische Expression funktioneller Gene kodierend für Δ -6-Desaturase, Δ -6-Elongase und Δ -5-Desaturase geringe Mengen an ARA und EPA enthält. Der zur Transformation dieser Pflanzen benutzte Vektor ist SEQ ID NO: 56 zu entnehmen. Um den Gehalt an diesen LCPUFAs zu erhöhen, wurde in den genannten transgenen Pflanzen zusätzlich das Gen CeLPLAT (T06E8.1) in Samen exprimiert.

Zu diesem Zweck wurde der kodierende Bereich von CeLPLAT über PCR amplifiziert.

In Tabelle 6 sind die Primer wiedergegeben, die zur Klonierung eines weiteren Clones der ceLPLAT in binäre Vektoren verwendet wurden.

5 Tabelle 6: Nukleotidsequenzen der PCR-Primer zur Klonierung von CeLPLAT (T06E8.1) in den binären Vektor pSUN3

Primer	Nukleotidsequenz
ARe503f*	5' TTAAGCGCGGCCGCATGGAGAACTTCTGGTCG 3'
ARe504r*	5' ACCTCGGCGGCCGCCCTTTTACTCAGATTTC 3'

* f: forward, r: reverse

10 Das PCR-Produkt wurde in einen pENTRY Vektor zwischen USP Promotor und OCS-Terminator kloniert. Anschließend wurde die Expressionskassette in die binären Vektoren pSUN300 kloniert. Der entstandene Vektor wurde mit pSUN3CeLPLAT (Figur 1) bezeichnet. Darüber hinaus wurde der kodierende Bereiche von CeLPLAT amplifiziert und zwischen LegB4 Promotor und OCS-Terminator kloniert. Dieser Vektor wurde mit pGPTVCeLPLAT bezeichnet (Figur 9A).

15 Darüberhinaus wurde der kodierende Bereich von CeLPLAT über PCR amplifiziert und zwischen LegB4 Promotor und OCS-Terminator kloniert. Die hierfür verwendeten PCR Primer wurden so ausgewählt, dass in das PCR-Produkt eine effiziente Kosaksequenz eingeführt wurde. Außerdem wurde die DNA-Sequenz von CeLPLAT so verändert, dass sie der codon.usage.von höheren Pflanzen angepasst war.

Folgende Primer wurden für die PCR verwendet:

Forward primer: 5'-ACATAATGGAGAACTTCTGGTCTATTGTTGTGTTTTTCTA-3'

20 Reverse primer: 5'- CTAGCTAGCTTACTCAGATTCTTCCCGTCTTTTGTTC-3'

Das PCR Produkt wurde in den Klonierungsvektor pCR Script kloniert und über die Restriktionsenzyme XmaI und SacI in den Vektor pGPTV LegB4-700 kloniert. Das entstandene Plasmid wurde mit pGPTV LegB4-700 + T06E8.1 bezeichnet (Figur 9A).

25 Das gleiche PCR Produkt wurde darüber hinaus in einen Multigen-Expressionsvektor kloniert, der bereits die Gene für eine Delta-6-Desaturase aus *Phaeodactylum tricornutum* (SEQ ID NO: 69, Aminosäuresequenz SEQ ID NO: 70) und einer Delta-6-Elongase aus *P. patens* enthielt. Das entstandene Plasmid wurde mit pGPTV USP/OCS-1,2,3 PSE1(Pp)+D6-Des(Pt)+2AT (T06E8-1) bezeichnet (Figur 9B). Die Sequenzen des Vektors sowie der Gene sind SEQ ID NO.:71, SEQ ID NO: 72, SEQ ID

NO: 73 und SEQ ID NO: 74 zu entnehmen. Die Δ -6-Desaturase aus *Phaeodactylum tricornutum* reicht von Nukleotid 4554 bis 5987 in der SEQ ID NO: 71. Die Δ -6-Elongase aus *Physcomitrella patens* reicht von Nukleotid 1026 bis 1898 und die der LPLAT aus *Caenorhabditis elegans* reicht von Nukleotid 2805 bis 3653 in der SEQ ID NO: 71.

Tabakpflanzen wurden co-transformiert mit dem Vektor pSUN3CeLPLAT und dem in DE 102 19 203 und SEQ ID NO: 56 beschriebenen Vektor enthaltend Gene kodierend für Δ -6-Desaturase, Δ -6-Elongase und Δ -5-Desaturase, wobei die Selektion transgener Pflanzen mit Kanamycin erfolgte.

10 Tabakpflanzen wurden außerdem transformiert mit dem Vektor pGPTV USP/OCS-1,2,3 PSE1(Pp)+D6-Des(Pt)+2AT (T06E8-1) [siehe SEQ ID NO: 71, SEQ ID NO: 72, SEQ ID NO: 73 und SEQ ID NO: 74].

15 Lein wurde mit dem Vektor pSUN3CeLPLAT transformiert. Die entstandenen transgenen Pflanzen wurden mit solchen transgenen Leinpflanzen gekreuzt, die bereits geringe Mengen an ARA und EPA aufgrund der funktionellen Genexpression von Δ -6-Desaturase, Δ -6-Elongase und Δ -5-Desaturase enthielten.

20 Weiterhin wurde Lein mit dem Vektor pGPTV LegB4-700 + T06E8.1 transformiert. Die entstandenen transgenen Pflanzen wurden mit solchen transgenen Leinpflanzen gekreuzt, die bereits geringe Mengen an ARA und EPA aufgrund der funktionellen Expression von Δ -6-Desaturase, Δ -6-Elongase und Δ -5-Desaturase enthielten.

Die Samen von transgenen Tabak- und Leinpflanzen wurden wie weiter vorne beschrieben [Beispiel 3 b)] auf erhöhte Gehalte an LCPUFAs in untersucht.

25 Aus den hier vorliegenden Arbeiten lässt sich die Funktion der Acyl-CoA:Lyso-phospholipid-Acyltransferase (LPLAT) wie in Figur 10 dargestellt ableiten. Der Biosynthese-Weg der LCPUFAS stellt sich damit wie folgt dar.

30 Desaturasen katalysieren die Einführung von Doppelbindungen in lipidgekoppelte Fettsäuren (*sn*2-Acyl-Phosphatidylcholin), während die Elongasen exklusiv die Elongation Coenzym A-veresterter Fettsäuren (Acyl-CoAs) katalysieren. Nach diesem Mechanismus erfordert die alternierende Wirkung von Desaturasen und Elongasen einen ständigen Austausch von Acyl-Substraten zwischen Phospholipiden und Acyl-CoA-Pool und somit die Existenz einer zusätzlichen Aktivität, die die Acyl-Substrate in die jeweils notwendige Substratform, d.h. Lipide (für Desaturasen) oder CoA-Thioester (für Elongasen), überführt. Dieser Austausch zwischen Acyl-CoA Pool und Phospholipiden wird durch LCPUFA-spezifische LPLAT ermöglicht. Die Biosynthese von ARA (A) erfolgt analog zu EPA (B), mit dem Unterschied, dass bei EPA der Δ -6-Desaturierung eine Δ -15-Desaturierung vorgeschaltet ist, so dass α 18:3-PC als Substrat für die Δ -6-Desaturase fungiert. Die Biosynthese von DHA macht einen weiteren Austausch zwischen Phospholipiden und Acyl-CoA-Pool über LPLAT notwendig: 20:5 ^{Δ 5,8,11,14,17} wird vom Phospholipid- zum CoA-Pool transferiert und nach

erfolgter Δ -5-Elongation wird 22:5 ^{Δ 7,10,13,16,19} vom CoA- zum Phospholipid-Pool transferiert und schließlich durch Δ -4-Desaturase zu DHA umgesetzt. Gleiches gilt für den Austausch im Biosyntheseweg unter Verwendung der Δ -8-Desaturase, der Δ -9-Elongase und der Δ -5-Desaturase.

5 Beispiel 5: Funktionelle Charakterisierung der Acyltransferasen

Um die Substratspezifität von Acyltransferasen höherer Pflanzen und LCPUFA-produzierender Organismen zu vergleichen, wurden aus dem LCPUFA-produzierenden Organismus *Mortierella alpina* und aus Sonnenblume mikrosomale Fraktionen isoliert. Die GPAT- und LPAAT-Aktivitäten wurden mit verschiedenen Acyl-CoAs als Substrat
10 getestet.

Um zu überprüfen, ob der LCPUFA-Produzent *Thraustochytrium* tatsächlich DHA in der sn-2 Position der Lipide einbaut, wurde eine Positionsanalyse der Lipide durchgeführt.

Um LCPUFA-spezifische Acyltransferasen zu isolieren, wurde ausgehend von mRNA der LCPUFA-produzierenden Organismen *Thraustochytrium*, *Physcomitrella*, *Cryptocodium cohnii* und *Fusarium* cDNA-Banken, sowie einer *Shewanella* genomischen Bank erstellt und diese über DNA-Sequenzierung näher analysiert. Über Sequenzhomologien wurden Acyltransferaseklone identifiziert. Alternativ wurden über PCR-Techniken Acyltransferasen amplifiziert.
15

20 Transgene *E. coli* Zellen, Hefen, Insektenzellen und Pflanzenzellen mit erhöhter Expression mindestens einer LCPUFA-spezifischen Acyltransferase weisen einen erhöhten Gehalt an LCPUFAs in ihren Lipiden auf.

Beispiel 6: Isolierung mikrosomaler Fraktionen aus *Mortierella*, Sonnenblume und Leinsamen und Analyse der Substratspezifität von Acyltransferasen für
25 verschiedene Acyl-CoAs.

Um herauszufinden, ob höhere Pflanzen, insbesondere Ölsaaten wie Sonnenblume, Lein, Raps oder Soja LCPUFAs in ihre Lipide einbauen können, wurden aus Sonnenblume und Leinsamen Mikrosomen präpariert und verschiedene Acyltransferase-Aktivitäten hinsichtlich ihrer Substratspezifität für LCPUFA-CoAs untersucht. Im
30 einzelnen wurden GPAT-, LPAAT- und LPCAT-Aktivitäten untersucht. Diese Ergebnisse wurden verglichen mit den entsprechenden Acyltransferase-Aktivitäten der LCPUFA-Produzenten *Mortierella alpina*, der bekanntermaßen hohe Gehalte der LCPUFA Arachidonsäure in seinen Lipiden und im Triacylglycerin enthält (C. Ming et al. (1999) *Bioresource Technology* 67: 101-110).

35 Präparation mikrosomaler Membranen aus Cotyledonen reifender Samen von Sonnenblume und Lein

Alle Arbeiten wurden bei 4°C durchgeführt. Die Cotyledonen von reifenden Sonnenblumen- und Leinsamen wurden ungefähr 10 Tage nach Anthesis geerntet und in 0,1 M Natriumphosphatpuffer (pH 7,2), der 0,33 M Saccharose und 0,1 % BSA (fettsäurefrei) enthielt, suspendiert. Nach Zerkleinerung in einem Glashomogenisator wurde das Homogenat bei 20.000 x g, 30 Minuten lang zentrifugiert. Der Überstand wurde durch eine Lage Miracloth filtriert und bei 100.000 x g in einer Ultrazentrifuge 90 Minuten lang zentrifugiert. Die pelletierten mikrosomalen Membranen wurden mit 0,1 M Natriumphosphatpuffer (pH 7,2) gewaschen und in einem kleinen Volumen Puffer resuspendiert, wobei ein Glashomogenisator verwendet wurde. Die mikrosomalen Membranpräparationen wurden entweder sofort weiterverwendet oder bei -80°C gelagert.

Präparation mikrosomaler Membranen aus Mortierella

Kulturen von Mortierella wurden nach 5 Tagen geerntet und auf Eis gestellt. Alle weiteren Arbeiten wurden bei 4°C ausgeführt. Das Mycelium wurde in 0,1 M Natriumphosphatpuffer (pH 7,2), der 0,33 M Saccharose, 0,1 % BSA (fettsäurefrei), 1000 units Katalase/ml und 1 mM Pefabloc enthielt, suspendiert. Die nachfolgenden Schritte wurden wie unter 'Präparationen mikrosomaler Membranen aus Cotyledonen reifender Samen von Sonnenblume und Lein' beschrieben durchgeführt.

Acyl-CoA Substratspezifität von GPAT: Umsetzung einzelner Acyl-CoA Substrate in der Acylierung von [¹⁴C] Glycerin-3-phosphat

Die Spezifität der GPAT wurde untersucht, um zu überprüfen ob das Enzym eine Präferenz für bestimmte Acyl-CoAs hat, insbesondere, um zu ermitteln, ob die GPAT von Ölsaaten LCPUFA-CoAs umsetzt. Mikrosomale Membranen wurden inkubiert mit 0,5 mM (Mortierella) bzw. 0,2 mM (Sonnenblume und Leinsamen) eines der folgenden Acyl-CoAs: Myristoyl-CoA (14:0-CoA), Palmitoyl-CoA (16:0-CoA), Palmitoleoyl-CoA (16:1-CoA), Stearoyl-CoA (18:0-CoA), Oleoyl-CoA (18:1-CoA), Linoleoyl-CoA (18:2-CoA), Dihomo-gamma-linolenoyl-CoA (20:3-CoA) oder Arachidonyl-CoA (20:4-CoA) und 5 mM [¹⁴C] G3P. Mikrosomale Membranen (äquivalent 50 µg Protein bei Sonnenblume und Mortierella bzw. 150 µg Protein bei Leinsamen) wurden dem Reaktionsgemisch zugesetzt, um die Reaktion zu starten. Nach 5 Minuten Inkubationszeit wurden die Lipide nach Bligh & Dyer extrahiert und die in komplexen Lipiden eingebaute Radioaktivität bestimmt.

In Figur 11 und Tabelle 10a und 10b sind die GPAT-Aktivitäten von Mortierella, Sonnenblume und Leinsamen bei verschiedenen Acyl-CoA-Substraten dargestellt.

Die GPAT von Mortierella baut ungesättigte Fettsäuren effizienter ein als gesättigte Fettsäuren. Oleat und Linoleat wurden mit ähnlichen Einbauraten umgesetzt (100% bzw. 90%). Der Einbau von polyungesättigten Fettsäuren (20:3-CoA und 20:4-CoA) war nur unwesentlich niedriger (80% bzw. 75%).

In mikrosomalen Membranen von Sonnenblume sind ebenfalls Oleat und Linoleat die besten Substrate für die GPAT (100% bzw. 85% Aktivität). Acyl-CoAs der gesättigten Fettsäuren Stearat und Palmitat werden nur ca. halb so gut eingebaut (40% bzw. 64%). Ähnliches gilt für 20:3-CoA (55%). Arachidonyl-CoA ist für GPAT von Sonnenblume ein relativ schlechtes Substrat (23%).

Die GPAT in mikrosomalen Membranen von Leinsamen hat die niedrigste spezifische Aktivität aller untersuchten GPAT-Enzyme. Mit 6 nmol/min/mg Protein ist sie nur halb so aktiv wie Sonnenblumen GPAT und 5 mal weniger aktiv als das Enzym aus *Mortierella*. Bezüglich der Substratspezifitäten verhält sich Die effizientesten Acyl-CoA-Substrate der GPAT aus Leinsamen sind wie bei Sonnenblume Oleat und Linoleat (100% bzw. 90%). Die Einbauraten der gesättigten Fettsäuren Stearat und Palmitat sind mit 65% und 90% deutlich höher als bei Sonnenblume. Arachidonyl-CoA hingegen ist für GPAT von Leinsamen ein äußerst schlechtes Substrat (5%).

Acyl-CoA Substratspezifität von LPAAT: Umsetzung einzelner Acyl-CoA Substrate bei der Acylierung von Lysophosphatidsäure

Die Spezifität der LPAAT wurde untersucht, um zu überprüfen, ob das Enzym eine Präferenz für bestimmte Acyl-CoAs hat, insbesondere, um zu ermitteln, ob die LPAAT von Ölsaaten LCPUFA-CoAs umsetzt. LPAAT Aktivität wurde in einem kontinuierlichen spektralphotometrischen Assay bestimmt, bei dem 5,5-dithio-bis-2-nitrobenzoat (DTNB) verwendet wurde, und die Änderung der Absorption bei 409 nm und 25°C verfolgt wurde (F.M. Jackson et al. (1998) Microbiology 144: 2639-2645). Der Assay enthielt sn-1-Oleoyl-Lysophosphatidsäure (30 nmol), DTNB (50 nmol) und 20 nmol eines der folgenden Acyl-CoAs: Palmitoyl-CoA (16:0-CoA), Stearoyl-CoA (18:0-CoA), Oleoyl-CoA (18:1-CoA), Linoleoyl-CoA (18:2-CoA), Dihomo-gamma-linolenyl-CoA (20:3-CoA) oder Arachidonyl-CoA (20:4-CoA) in 1 ml 0,1 M Phosphatpuffer, pH 7,2. Das in der Reaktion freigesetzte CoA wurde mit Hilfe der Anfangssteigung und des Extinktionskoeffizienten von 13,6 mM⁻¹ x cm⁻¹ quantifiziert. Mikrosomale Membranen (äquivalent 10 µg Protein bei *Mortierella* bzw. 40 µg Protein bei Sonnenblume und Leinsamen) wurden dem Reaktionsansatz zugesetzt, um die Reaktion zu starten.

In Figur 11 und Tabelle 10a und 10b sind die LPAAT-Aktivitäten von *Mortierella*, Sonnenblume und Leinsamen bei verschiedenen Acyl-CoA-Substraten dargestellt.

Die LPAAT von *Mortierella* baut Oleoyl-CoA am effizientesten ein (100%). Linoleoyl-CoA wird ebenfalls sehr gut umgesetzt (90%). Die gesättigten Fettsäuresubstrate 16:0-CoA und 18:0-CoA werden zu nur 40% bzw. 36% eingebaut, die LCPUFA-Substrate 20:3-CoA und 20:4-CoA hingegen mit einer relativ hohen Effizienz (je 65%).

In mikrosomalen Membranen von Sonnenblume ist Linoleoyl-CoA das am effizientesten in Phosphatidsäure eingebaute Substrat der LPAAT (250% relativ zu Oleoyl-CoA). Sowohl gesättigte als auch polyungesättigte Acyl-CoA waren schlechte Substrate für Sonnenblumen LPAAT (relative Aktivitäten kleiner 20%).

Ein ganz ähnliches Bild ergibt sich für LPAAT aus Leinsamen: Linoleoyl-CoA stellt das beste Substrat dar (120% relativ zu Oleoyl-CoA). Gesättigte Fettsäuren sind schlechte LPAAT-Substrate (25% und 30% für 16:0-CoA und 18:0-CoA). Arachidonyl-CoA wird am schlechtesten umgesetzt (19% relative Aktivität).

- 5 Acyl-CoA Substratspezifität von LPCAT: Umsetzung einzelner Acyl-CoA Substrate bei der Acylierung von Lysophosphatidylcholin

In höheren Pflanzen und Pilzen werden Fettsäuren zur Herstellung polyungesättigter Fettsäuren desaturiert, während sie mit Phosphatidylcholin (PC) verestert sind (A.K. Stobart und S. Stymne (1985) *Planta* 163: 119-125; F.M. Jackson et al. (1998)

- 10 *Microbiology* 144: 2639-2645). Die Beteiligung von PC bei der Desaturierung von Fettsäuren auch in Pilzen setzt voraus, dass es ein funktionierendes Transfersystem von Fettsäuren zu und von der sn-2-Position des PC gibt, ähnlich dem, wie es für entwickelnde Ölsamen beschrieben wurde (Jackson et al., 1998; Stobart et al., 1983). Es wird vermutet, dass dieser Transfer der Acylgruppe von Acyl-CoA zur sn-2 Position des PC durch LPCAT katalysiert wird. Hier wurde die Spezifität von LPCAT untersucht, um zu überprüfen, ob das Enzym eine Präferenz für bestimmte Acyl-CoAs hat, insbesondere, um zu ermitteln, ob die LPCAT von Ölsaaten LCPUFA-CoAs umsetzt.

- 15 LPCAT Aktivität wurde in einem kontinuierlichen spektralphotometrischen Assay bestimmt, bei dem 5,5-dithio-bis-2-nitrobenzoat (DTNB) verwendet wurde und die
20 Änderung der Absorption bei 409 nm und 25°C verfolgt wurde. Der Assay enthielt sn-1-Palmitoyl-Lysophosphatidylcholin (30 nmol) als Acyl-Akzeptor, DTNB (50 nmol) und 20 nmol eines der folgenden Acyl-CoAs: Myristoyl-CoA (14:0-CoA), Palmitoyl-CoA (16:0-CoA), Palmitoleoyl-CoA (16:1-CoA), Stearoyl-CoA (18:0-CoA), Oleoyl-CoA (18:1-CoA), Linoleoyl-CoA (18:2-CoA), Dihomo-gamma-linolenoyl-CoA (20:3-CoA) oder Arachidonyl-CoA (20:4-CoA) in 1 ml 50 mM Phosphatpuffer, pH 7,2. Die Reaktion wurde durch
25 Zugabe mikrosomaler Membranpräparation gestartet. Die Menge zugegebener mikrosomaler Membranpräparation betrug 5 µg (*Mortierella* und *Sonnenblume*) bzw. 30 µg (*Leinsamen*). Das in der Reaktion freigesetzte CoA wurde mit Hilfe der Anfangssteigung und des Extinktionskoeffizienten von 13,6 mM⁻¹ x cm⁻¹ bei 409 nm quantifiziert.
30

In Figur 12 und Tabelle 10a und 10b sind die LPAAT-Aktivitäten von *Mortierella*, *Sonnenblume* und *Leinsamen* bei verschiedenen Acyl-CoA-Substraten dargestellt.

- 35 Die Ergebnisse zeigen, dass LPCAT in mikrosomalen Membranen von *Sonnenblume* und *Mortierella* wesentlich aktiver ist als bei *Leinsamen* (siehe Tab. 10a und 10b). *Mortierella* LPCAT setzt neben 18:1 (100%) auch 18:2 (40%), 20:3 (85%) und 20:4 (90%) sehr effizient um. Gesättigte Fettsäuren werden quasi nicht umgesetzt (relative Aktivität kleiner 25%).

Sonnenblumen LPCAT setzt Oleoyl-CoA und Linoleoyl-CoA ähnlich gut um (100% bzw. 120% relative Aktivitäten). Palmitoyl-CoA und Stearoyl-CoA sind schlechte Substrate (relative Aktivität kleiner 20%). 20:3-CoA und 20:4-CoA werden quasi nicht umgesetzt (relative Aktivitäten kleiner 5%).

- 5 Ähnlich verhält sich LPCAT aus Leinsamen: Oleoyl-CoA und Linoleoyl-CoA werden gleichermaßen gut umgesetzt, hingegen konnte für 20:3-CoA und 20:4-CoA keine LPCAT-Aktivität nachgewiesen werden.

Diskussion der Daten zur Acyl-CoA-Spezifität von GPAT, LPAAT und LPCAT

- 10 Die Substratspezifität von G3P acylierenden Enzymen wurde intensiv untersucht, um den Mechanismus der Verteilung von Fettsäuren in Phospholipiden und Triacylglycerin zu verstehen. Mikrosomale GPAT von Säugetieren verwendet gesättigte und ungesättigte Acyl-CoAs (Yamada & Okuyama, 1978; Haldar et al., 1979; Tamai & Lands, 1974). Gleiches wurde für pflanzliche mikrosomale GPATs gezeigt (Frentzen, 1993; Bafor et al. 1990). Jackson et al. (1998) zeigten außerdem, dass weder GPAT noch LPAAT des Pilzes *Mucor circinelloides* eine ausgeprägte Substratspezifität für Acyl-CoAs aufweist. Gesättigte wie ungesättigte Fettsäuren werden bei *Mucor* an beiden Positionen acyliert. Eine gereinigte GPAT der Membranfraktion von *Mortierella ramanniana* zeigte jedoch eine klare Präferenz für Oleoyl-CoA gegenüber Palmitoyl-CoA (Mishra & Kamisaka, 2001).
- 15
- 20 Um zu untersuchen, ob GPAT in mikrosomalen Membranen von *Mortierella*, Sonnenblume und Leinsamen eine starke Spezifität für bestimmte Acyl-CoA Spezies aufweist, wurden einzelne Acyl-CoAs den Mikrosomen zugesetzt. Die GPAT von *Mortierella* weist insofern Ähnlichkeit zu anderen pflanzlichen, tierischen und pilzlichen GPATs auf, als sie eine breite Spezifität für Acyl-CoAs hat, d.h. gesättigte und ungesättigte
- 25 Fettsäuren werden an der sn-1 Position von G3P acyliert. Auch die GPATs von Sonnenblumen und Leinsamen mikrosomalen Membranen verwenden gesättigte und ungesättigte Acyldonatoren, in ähnlicher Weise, wie dies für Färberdistel und Turnip rape (Bafor et al., 1990) gezeigt wurde, allerdings mit einer Präferenz für ungesättigte Fettsäuren. Generell ist die *Mortierella* GPAT weniger diskriminierend wie das Sonnenblumen- und Leinsamenenzym. Auffällig ist allerdings, dass Sonnenblumen und Leinsamen GPATs Arachidonyl-CoA quasi gar nicht umsetzt, wogegen das *Mortierella*-Enzym Arachidonyl-CoA sehr effizient acyliert.
- 30

- 35 Im zweiten Acylierungsschritt ist LPAAT von *Mortierella*, Sonnenblume und Leinsamen aktiv mit sn-1-Oleoyl Lysophosphatidsäure als Acylakzeptor. Ähnlich der GPAT weist auch LPAAT von *Mortierella* eine breite Spezifität für Acyl-CoAs auf. Diese Daten sind ähnlich denen aus Meerschweinchen und Rattenleber Mikrosomen, wo mit Ausnahme von Stearoyl-CoA LPAAT alle Acyl-CoAs mit 16 und 18 C-Atomen, unabhängig vom Sättigungsgrad verestert (Hill und Lands, 1968). In der vorliegenden Arbeit zeigten die Sonnenblumen- und Leinsamen-LPAATs eine starke Spezifität zu Linoleat und Oleat.
- 40 Gesättigte Fettsäuren hingegen wurden kaum umgesetzt. Diese Daten stimmen überein mit der Beobachtung, dass bei den meisten Ölsaaten LPAAT eine höhere

Spezifität für ungesättigte Fettsäuren zeigen (Griffiths et al., 1985; Ichihara et al., 1987). Bei Sonnenblume und Leinsamen ist Arachidonyl-CoA auch für LPAAT ein schlechtes Substrat. Verglichen mit GPAT ist die LPAAT-Aktivität von Sonnenblume und Leinsamen aber etwas höher.

- 5 Die Spezifität von LPCAT in mikrosomalen Präparationen von *Mortierella* und Sonnenblume wurde ebenfalls untersucht. In *Mortierella* zeigte LPCAT ein breites Spektrum der Substratspezifität auf. Die Aktivität des Enzyms mit verschiedenen Acyl-CoAs nahm in der Reihenfolge 18:1-CoA > 20:4-CoA > 20:3-CoA > 16:1-CoA > 18:2-CoA ab. LPCAT aus Sonnenblume und Leinsamen zeigte kaum Aktivität mit 20:3 und 20:4-CoA. LPCAT in Rinderhirn-Mikrosomen zeigten auch eine schwache Aktivität mit gesättigten Acyl-CoAs und eine größere Aktivität mit Linoleoyl- und Oleoyl-CoA (Deka et al., 1986). LPCAT von Rinder-Herzmuskel-Mikrosomen akzeptieren einen großen Bereich von Substraten, obwohl die Aktivität besonders hoch mit Arachidonyl-, Linoleoyl- und Oleoyl-CoA-Substraten ist (Sanjawara et al., 1988). In Pflanzen wurde 15 die Acyl-Spezifität und Selektivität von LPCAT in Mikrosomen von Färberdistel (Stymne et al., 1983; Griffith et al., 1985) und Leinsamen (Stymne & Stobart, 1985a) untersucht. Oleat und Linoleat wurden mit ungefähr der gleichen Umsatzrate an die sn-2-Position von PC acyliert. Die Aktivität mit alpha-Linoleat betrug nur etwa die Hälfte. Palmitat und Stearat waren wesentlich schlechtere LPCAT-Substrate, wenn sie als einzelne Acyl- 20 CoAs angeboten wurden. Wurde eine Mischung aus gesättigten und ungesättigten Acyl-CoAs angeboten, so wurden Palmitat und Stearat vollständig vom PC ausgeschlossen. Auch LPCAT in mikrosomalen Membranen von *Mucor circinelloides* verwendet Oleoyl- und Linoleoyl-CoA wesentlich effizienter als gesättigte Fettsäuren. Es gibt also eine große Übereinstimmung bei der Spezifität von pflanzlicher, tierischer und pilzlicher LPCATs. Die Tatsache, dass LPCAT aus mikrosomalen Membranen von 25 *Mortierella* nur eine schwache Aktivität mit Stearoyl-CoA und eine gute Aktivität mit Oleoyl- und Linoleoyl-CoA aufweist, könnte darauf hinweisen, dass Phosphatidylcholin als Substrat für Desaturasen dient. Es wurde demonstriert, dass Oleat an der sn-1 und der sn-2 Position von PC als Substrat für die Δ -12-Desaturase in Ölsaaten dient 30 (Stymne & Stobart, 1986; Griffiths et al., 1988). Ähnliche Ergebnisse wurden für *Mucor circinelloides* berichtet (Jackson et al., 1998). Die Δ -6-Desaturase verwendet auch Linoleat an der sn-2 Position von PC in mikrosomalen Membranpräparationen von *Mucor* (Jackson et al., 1998). Auch die Δ -6-Desaturase von Borretsch verwendet ausschließlich Linoleat an der sn-2 Position des Phospholipids (Stymne & Stobart, 35 1986; Griffiths et al., 1988).
- Die in Beispiel 6 beschriebenen Ergebnisse zeigen, dass Acyltransferasen von Sonnenblume und Lein LCPUFAs wie Dihomo- γ -Linolenat und Arachidonat nicht effizient in die Membran- und Speicherlipide einbauen können. Obwohl LCPUFAs in Ölsaaten wie Sonnenblume, Lein oder Soja produziert werden können, indem die 40 entsprechenden Biosynthesegene funktional exprimiert werden, ist davon auszugehen, dass die gebildeten LCPUFAs aufgrund fehlender Acyltransferase-Aktivitäten nicht effizient in Triacylglycerin eingebaut werden, was zu einem niedrigen Ertrag führt. Zusätzlich zu LCPUFA-Biosynthesegenen (z.B. Desaturasen und Elongasen oder

Polyketidsynthasen) müssen also Acyltransferasen mit einer hohen Spezifität für LCPUFA-CoAs in Ölsaaten transformiert werden. Hierfür eignen sich Acyltransferasen von LCPUFA-produzierenden Organismen wie *Mortierella*, *Phaeodactylum*, *Cryptocodium*, *Physcomitrella*, *Euglena* und *Thraustochytrium*.

- 5 Tabelle 10a und 10 b geben die Aktivität und Acyl-Spezifität von Lein, Sonnenblume und *Mortierella alpina* Acyltransferasen wieder.

Tabelle 10a: Aktivität und Acyl-Spezifität von Lein- und Sonnenblume- Acyltransferasen

Enzymaktivität	Lein			Sonnenblume		
	GPAT	LPAAT	LPCAT	GPAT	LPAAT	LPCAT
Rate (nmol/min/mg protein) des Ölsäure-Einbaus	6	25	9	13	28	360
Prozentualer Einbau im Vergleich zum Ölsäureeinbau						
Myristoyl-CoA	100	30	0	57	16	1
Palmitoyl-CoA	90	25	5	64	15	13
Palmitoleoyl-CoA		140	180		140	90
Stearoyl-CoA	65	30	15	40	14	18
Oleoyl-CoA	100	100	100	100	100	100
Linoleoyl-CoA	90	120	100	85	250	120
20:3-CoA			0	55		3
Arachidonoyl-CoA	5	19	0	23	18	4

- 10 Es muss betont werden, dass in den hier beschriebenen Experimenten Acyl-CoAs immer einzeln angeboten wurden. Ölsaaten, die LCPUFA-Biosynthesegene exprimieren, enthalten aber große Mengen der ‚normalen‘ ungesättigten Fettsäuren Oleat und Linoleat, so dass in vivo bezüglich der Acylierung eine Konkurrenz zwischen den Oleoyl-CoA, Linoleoyl-CoA und LCPUFA-CoA vorliegt. Unter solchen kompetitiven
- 15 Bedingungen würden die endogenen Acyltransferasen von Ölsaaten vermutlich LCPUFA-CoAs vermutlich vollständig von der Acylierung ausschließen.

Tabelle 10b: Aktivität und Acyl-Spezifität von *Mortierella alpina* –Acyltransferasen

Enzymaktivität	<i>Mortierella alpina</i>		
	GPAT	LPAAT	LPCA T
Rate (nmol/min/mg protein) des Ölsäure-Einbaus	30	51	350
Prozentualer Einbau im Vergleich zum Ölsäureeinbau			
Myristoyl-CoA		55	0
Palmitoyl-CoA	66	40	25
Palmitoleoyl-CoA		70	60
Stearoyl-CoA	50	36	10
Oleoyl-CoA	100	100	100
Linoleoyl-CoA	90	90	40
20:3-CoA	80	65	85
Arachidonoyl-CoA	75	65	90

Beispiel 7: Positionsanalyse der Lipide von *Thraustochytrium*

- 5 In Beispiel 6 wurde gezeigt, dass LCPUFA-Produzenten wie *Mortierella* über membrangebundene Acyltransferase-Aktivitäten verfügen, die LCPUFA-CoAs in Membran- und Speicherlipide einbauen. Durch Positionsanalysen der Lipide von LCPUFA-Produzenten kann man Rückschlüsse auf die in-vivo-Aktivitäten der einzelnen Acyltransferasen ziehen. Daher wurde im folgenden untersucht, welche Fettsäuren an
- 10 den einzelnen Positionen der Lipide des DHA-Produzenten *Thraustochytrium* verestert sind.

a) Kultivierung von *Thraustochytrium spec.*(TS) ATCC 26185

- 15 Die Kultivierung des Pilzes TS erfolgte in TS-Flüssigkultur und durch Ausstreichen auf TS-Platten. Alle drei Wochen wurden die Pilze auf neue Platten überimpft, zwei Tage bei 28°C gelagert und anschließend bei RT (ca. 23 °C) aufbewahrt. Die Flüssigkultur wurde bei 30°C unter Schütteln inkubiert und nach 6 Tagen geerntet. Das Schütteln der Kultur unter Lichteinstrahlung erhöht die Lipidausbeute (Daten nicht gezeigt).

l) TS-Medium: (Bajpai et al. (1991) JAOCS 68: 507-514)

a) 10x Lösung A (g/l):

5	250 g/l	NaCl
	50 g/l	MgSO ₄ ·7H ₂ O
	10 g/l	KCl
	20 g/l	Na-Glutamat
	2 g/l	(NH ₄) ₂ SO ₄
	20 g/l	Glucose

Lösung autoklavieren.

10 b) 10x Lösung B (g/l)

200 g/l	Glucose
20 g/l	Hefeextrakt

Lösung B wurde sterilfiltriert.

c) 10x Lösung C (g/l)

15 2 g/l CaCO₃

Zum Lösen des CaCO₃ wurde die Lösung mit HCl angesäuert und anschließend autoklaviert.

d) 10x Lösung D (g/l)

20	1 g/l	KH ₂ PO ₄
	1 g/l	NaHCO ₃

Die Lösung wurde autoklaviert.

Supplemente: Thiamin und Vitamin B₁₂

Zu 600 ml autoklaviertem dest. Wasser wurde je 100 ml der 10x Lösungen a) bis d) und 10 µg/l Thiamin und 1 µg/l Vitamin B₁₂ zugegeben

25 b) Lipidanalyse von *Thraustochytrium* (Bligh & Dyer (1959) Canadian J. Biochem. 37: 911-917)

30 Zur Extraktion der Gesamtlipide aus TS in Flüssigkultur wurden diese durch Zentrifugation bei 3000g für 10 Minuten sedimentiert. Nach Resuspension der Zellen in 10 ml 0,45% NaCl wurden diese für 10 Minuten im Wasserbad gekocht. Nach einem weiteren Zentrifugationsschritt (wie oben) der in 40 ml-Schliffgläschen umgefüllten Suspension wurde das Sediment in Trichlormethan/Methanol 1:2 (v/v) aufgenommen. Dabei richtete sich das Volumen des Lösungsmittelgemisches nach dem Volumen des

Sedimentes. Im allgemeinen wurden für die Extraktion einer 100 ml-Kultur 10 ml des Gemisches benötigt. Die erste Extraktion fand für mindestens 6 Stunden, zumeist allerdings über Nacht bei 8°C auf einem Schüttler statt. Anschließend wurden die Zellreste erneut sedimentiert und der Überstand wurde bei 8°C aufbewahrt. Die zweite Extraktion fand entsprechend der Ersten, allerdings mit Trichlormethan/Methanol 2:1 (v/v) über Nacht statt. Nach der zweiten Extraktion wurden die Zellreste erneut sedimentiert und der Überstand wurde mit dem der ersten Extraktion vereinigt. Die vereinigten Extrakte wurden dann auf das Verhältnis Trichlormethan/Methanol/0,45% NaCl 2:1:0,7 eingestellt und geschüttelt. Dabei werden nicht erwünschte, coextrahierte Substanzen wie Zucker ausgeschüttelt und gelangen in die wässrige Phase. Daraufhin wurde der Extrakt bis zur Phasentrennung zentrifugiert, die organische Unterphase abgenommen und zur Befreiung von Schwebstoffen durch Watte in einen Rundkolben filtriert. Der Lipidextrakt wurde am Rotationsverdampfer bis zur Trockene eingengt, die Gesamtlipide wurden in Trichlormethan/Methanol 2:1 (v/v) und in ein Schliffglasröhrchen überführt. Dann wurde der Extrakt unter Stickstoff erneut bis zur Trockene eingengt und abschließend in Trichlormethan/Methanol 2:1 (v/v) in einem definierten Volumen aufgenommen.

c) Lipidanalyse aus *Thraustochytrium*-Membranen

Isolierte *Thraustochytrium*-Membranen wurden in ein Schliffröhrchen überführt und in 0,45% NaCl aufgenommen und im Wasserbad 5 Minuten lang aufgeköcht, um lipidabbauende Enzyme zu inaktivieren. Nach Zentrifugation (5 Minuten, 3000 x g) wurde der wässrige Überstand dekantiert. Die Extraktion der Lipide erfolgte eine Stunde lang bei 4°C in Trichlormethan/Methanol (2:1). Nach Zugabe von 1/3 Volumen 0,45% NaCl wurden die Proben zur besseren Phasentrennung zentrifugiert (5 Minuten, 3000 x g). Die untere, lipidhaltige Phase wurde entnommen und unter Vakuum eingengt. Die Lipide wurden in einem geeigneten Volumen Trichlormethan aufgenommen.

Im direkten Anschluß wurden die Lipide auf Kieselgelplatten (Kieselgel 60, 20 x 20 cm, 0,25 mm Schichtdicke; Merck, Darmstadt) zur dünn-schicht-chromatographischen Trennung der Phospholipide mit geeigneten Standards aufgetragen. Als Laufmittel wurde Trichlormethan/Methanol/Eisessig/H₂O 91/30/4/4 (v/v/v/v) verwendet. Die Laufzeit betrug 1,5 Stunden. Nach Eindampfen des Lösungsmittels wurden die Platten mit 2',7'-Dichlorfluorescein (Merck, Darmstadt; in 0,3% iso-Propanol) angefärbt und unter UV-Licht (366 nm) sichtbar gemacht.

d) Lipaseverdau der *Thraustochytrium*-Gesamtlipide

Der enzymatische Verdau erfolgt mittels Pankreaslipase (EC 3.1.1.3). Die hydrolytische Spaltung erfolgt an der Phasengrenze zwischen Fett und Wasser, wobei das Enzym in Triacylglycerolen (TAGs) spezifisch die randständigen Esterbindungen in *sn*-1 und *sn*-3-Position angreift. Intermediär werden 1,2- und 2,3-Diacyl-*sn*-glycerole angereichert, die anschließend zu *sn*-2 Monoacylglycerolen weiter verdaut werden. Nach dünn-schicht-chromatographischer Auftrennung und Gewinnung der *sn*-2 Monoa-

cylglycerol-Fraktion wird die Fettsäure-Zusammensetzung der TAGs in der mittleren Position ermittelt.

5 In ein Glasschliffröhrchen wurden 50 mg des Gesamtlipides eingewogen. Nach Zusatz von 0,5 ml Tris-Puffer, 0,1 ml CaCl_2 -Lösung und 0,25 ml Gallensalzlösung (0,05% (w/v) Gallensalz; Sigma, Deisenhofen) wurde das Schliffröhrchen verschlossen. Das Gemisch wurde eine Minute lang durchmischt und anschließend eine Minute in einem Wasserbad bei 40°C vortemperierte, um die Probe zu emulgieren.

10 Die Hydrolyse erfolgte nach Zusatz von Pankreaslipase (EC 3.1.1.3; Sigma, Deisenhofen; 2 mg Lipase pro 5 mg Lipid; Lipase frisch gelöst in 0,5 ml Tris-Puffer) bei 38°C und hoher Schüttelfrequenz (möglichst 1200 U/min). Nach 30 Minuten wurde die Reaktion durch Zusatz von 1 ml HCl (6 N) und 1 ml Ethanol abgebrochen.

15 Das Reaktionsgemisch wurde im Zentrifugenglas 2 mal mit je 4 ml Diethylether extrahiert. Dabei wurde die obere etherische Phase abgenommen. Die verbleibende wässrige Phase wurde erneut mit Diethylether extrahiert. Die Entstehung von Emulsionen wurde bei jedem Extraktionsschritt zusätzlich durch Zentrifugation unterbunden. Die vereinigten etherischen Phasen wurden durch ausschütteln mit je 3 ml Wasser (dest.) gewaschen. Die organische Phase wurde in ein neues Röhrchen überführt und mit Natriumsulfat getrocknet. Nach 2-minütiger Zentrifugation bei 3000 x g wurde der klare Überstand abgenommen und das Natriumsulfatpellet erneut mit Diethylether
20 ausgeschüttelt, wie oben angegeben zentrifugiert und die organischen Phasen vereinigt. Nach Einengung des Etherextraktes unter Vakuum wurde im direkten Anschluß der Extrakt auf Kieselgelplatten (Kieselgel 60, 20 x 20 cm, 0,25 mm Schichtdicke; Merck, Darmstadt) zur dünnenschicht-chromatographischen Trennung der Partialglyceride aufgetragen. Als Laufmittel (mobile Phase) wurde Diisopropylether-
25 Eisessig 40:1 (v/v) verwendet. Die Laufzeit betrug 35-45 Minuten. Nach Verflüchtigung des Lösungsmittels wurden die Platten mit 2',7'-Dichlorfluorescein (Merck, Darmstadt; in 0,3% iso-Propanol) angefärbt und unter UV-Licht sichtbar gemacht. Die einzelnen Lipidfraktionen wurden in folgender Reihenfolge aufgetrennt: Monoacylglycerole (*sn*-2 MAGs, unmittelbar über der Startlinie), Diacylglycerole (*sn*-1,2- und *sn*-2,3-DAGs) freie Fettsäuren (FFA) und die nicht umgesetzten TAGs.
30

Die MAG-Bande wurde von der Kieselgelplatte abgekratzt. Die Bestimmung der Fettsäurezusammensetzung der TAGs erfolgte durch Transmethylierung und anschließender gaschromatographischer Auftrennung der Fettsäure-Methylester (FAME).

Tris-Puffer:

35 1M Tris/HCl, pH mit HCl auf 8,0 einstellen

CaCl-Lösung

2,2% (w/v) CaCl_2

e) Lipaseverdau der *Thraustochytrium*-Membranlipide (Fischer et al., 1973)

Die Positionsanalyse der Membranlipide erfolgte durch enzymatische Hydrolyse der sn-2-Esterbindung mit Phospholipase A₂ (EC 3.1.1.4).

5 Die isolierten Membranlipide wurden unter Vakuum eingeengt, mit 0,5 ml Hydrolyse-
puffer versetzt und 5 min lang mit dem Ultraschallstab dispergiert. Die Hydrolyse
erfolgte bei RT nach Zugabe von 50 U der Phospholipase A₂. Die Reaktion wurde
durch Zugabe von 4 ml Trichlormethan/Methanol 2:1 (v/v) und 0,45% NaCl gestoppt.
Die organische Unterphase wurde in ein neues Gefäß überführt, am Rotationsver-
dampfer eingeengt und in 200 µl Trichlormethan/Methanol 2:1 (v/v) aufgenommen.

10 Im direkten Anschluss wurde der Ansatz auf Kieselgelplatten (Kieselgel 60, 20 x 20
cm, 0,25 mm Schichtdicke; Merck, Darmstadt) zur dünn-schicht-chromatographischen
Trennung der Phospholipide aufgetragen. Als Laufmittel wurde Trichlor-
methan/Methanol/Eisessig/H₂O 91/30/4/4 (v/v/v/v) verwendet. Die Laufzeit betrug 1,5
Stunden. Nach Eindampfen des Lösungsmittels wurden die Platten mit 2',7'-
15 Dichlorfluorescein (Merck, Darmstadt; in 0,3% iso-Propanol) angefärbt und unter UV-
Licht sichtbar gemacht. Interessante Banden wurden von der Kieselgelplatte abge-
kratzt, transmethyliert und anschließend am Gaschromatographen analysiert.

Hydrolysepuffer

20 0,1 M Borsäure, pH 8,0
3 mM CaCl₂
1,4 mM Na-Desoxycholat

f) Transmethylierung von Fettsäuren mit Na-Methylat (nach Lühs)

25 Lipidproben wurde nach Abdampfen des Lösungsmittels bzw. nach Abkratzen von der
Dünnschichtplatte (z.B. bei sn-2 Analyse der Gesamtlipide) mit 2 ml Na-methylatlösung
zur Umesterung versetzt. Der Ansatz wurde gut geschüttelt und zur Transmethylierung
der Fettsäuren ca. 30 Minuten bei Raumtemperatur inkubiert. Anschließend wurde 1,5
ml iso-Octan zugegeben und vorsichtig zweimal geschüttelt. Der Ansatz wurde 30
30 Minuten lang bei 4°C gelagert, wobei die Fettsäure-Methylester (FAME) in die iso-
Octanphase übergehen. Nachdem sich die Phasen deutlich getrennt hatten wurde die
obere iso-Octanphase in ein GC-Gläschen abpipettiert und die Probe am Gaschroma-
tographen gemessen.

Na-Methylatlösung

35 5 g Natriummethylat wurden in 800 ml Methanol (99%) mittels Magnetührer bei 50°C
gelöst und nach dem Abkühlen mit iso-Octan auf 1000 ml aufgefüllt.

g) Methylierung freier Fettsäuren mit methanolischer Schwefelsäure

- In einem Pyrexröhrchen mit Gewindedeckel wurde 1 ml 1 N methanolischer Schwefelsäure zu dem eingengtem Lipidextrakt zugegeben. Der Ansatz wurde eine Stunde lang bei 80°C inkubiert. Nach kurzem Abkühlen wurde der Ansatz mit 1 ml 0,9% NaCl versetzt und durchmischt. Anschließend wurde gleiches Volumen Hexan zugegeben, gut gemischt und der Ansatz bei 4°C, 30 Minuten lang bis zur Phasentrennung inkubiert. Die obere Hexanphase wurde in ein GC-Gläschen überführt und am Gaschromatographen analysiert.

Methanolische Schwefelsäure

- 10 Zu 100 ml Methanol (wasserfrei) wurden mit 2 ml Dimethoxypropane und 0,5 M H₂SO₄ zugegeben.

h) Gaschromatographische Analyse

Für die GC-Analysen wurden folgende Parameter des gaschromatographischen Systems eingehalten:

- 15 Gerätetyp HP 6890 GC
 Injektor HP GC Injector
 Detektor Flammen Ionisations Detektor (FID), Temp. 250°C
 Säule J&W DW23 50% Cyanopropyl/methylsiloxane, 30 m, 0,5 mm Durchmesser
- 20 Ofentemperatur 220°C
 Trägergas Wasserstoff
 Autosampler HP 7673, Einspritzmenge 1 µl Probe

i) Die Lipidanalyse der Thraustochytrium-Lipide lieferte folgende Ergebnisse

25

Lipidfraktion	Fettsäurezusammensetzung			
	16:0	22:3 ω -3	22:4 ω -3	22:6 ω -3
TAG gesamt	24 %	12 %	31 %	23 %
TAG sn-2	21 %	26 %		43 %
Membranlipide gesamt	16 %	13 %		23 %
Membranlipide sn-2	34 %	18 %		36 %

- Die Ergebnisse zeigen, dass Thraustochytrium einen hohen Gehalt an DHA in seinen Lipiden besitzt. DHA stellt mit neben Palmitat die Hauptkomponente der Triacylglycerole dar und ist die dominierende Fettsäure der Membranlipide. Auffällig ist, dass DHA an der sn-2 Position sowohl des Triacylglycerols als auch der Membranlipide deutlich angereichert ist: 36-43% der Fettsäuren an der sn-2 Position ist DHA. Aufgrund dieser Daten kann man davon ausgehen, dass Thraustochytrium über eine aktive LPAAT verfügt, die eine hohe Spezifität für DHA-CoA aufweist.

Beispiel 8: Isolierung von Gesamt-RNA und poly(A)⁺-RNA

- Die Isolierung von Gesamt-RNA aus Pflanzen wie Lein und Raps etc. erfolgte nach einer bei Logemann et al. beschriebenen Methode (Anal. Biochem. (1987) 163: 21). Aus dem Moos Physcomitrella patens kann die Gesamt-RNA aus Protonema-Gewebe nach dem GTC-Verfahren (Reski et al. (1994) Mol. Gen. Genet. 244: 351-359) gewonnen werden.

a) RNA Isolierung aus Thraustochytrium, Cryptocodinium und Shewanella:

- Tiefgefrorene Algenproben (-70°C) wurden in einem eiskaltem Mörser unter Flüssigstickstoff zu feinem Pulver zerreiben. 2 Volumen Homogenisationsmedium (12,024 g Sorbitol, 40,0 ml 1 M Tris-RC1, pH 9 (0,2 M); 12,0 ml 5 M NaCl (0,3 M), 8,0 ml 250 mM EDTA, 761,0 mg EGTA, 40,0 ml 10% SDS wurden auf 200 ml mit H₂O aufgefüllt und der pH auf 8,5 eingestellt) und 4 Volumen Phenol mit 0,2% Mercaptoethanol wurden bei 40-50°C unter gutem Mischen zu gefrorenem Zellpulver gegeben. Danach wurden 2 Volumen Chloroform hinzufügen und für 15 min kräftig gerührt. Es wurde 10 min bei 10000g zentrifugiert und die wässrige Phase mit Phenol/Chloroform (2Vol/2Vol) und abschließend mit Chloroform extrahiert.

- Das erhaltene Volumen der wässrigen Phase wurde mit 1/20 Vol 4 M Na-Acetat (pH 6) und 1 Vol Isopropanol (eiskalt) versetzt und die Nukleinsäuren bei -20°C ÜN (= über Nacht) gefällt. Es wurde 30 min bei 10000 g zentrifugiert und der Überstand abgesogen. Es folgte ein Waschschriff mit 70% EtOH und erneute Zentrifugation. Das Sediment wurde in Tris-Borat-Puffer (80 mM Tris-Borat-Puffer, 10 mM EDTA, pH 7,0). Dann wurde der Überstand mit 1/3 Vol 8 M LiCl versetzt, gemischt 30 min bei 4°C inkubiert. Nach erneutem zentrifugieren wurde das Sediment mit 70% Ethanol gewaschen, zentrifugiert und das Sediment anschließend in RNase-freiem Wasser gelöst.

Die Isolierung von poly(A)⁺-RNA erfolgte unter Verwendung von Dyna Beads (Dyna, Oslo, Finnland) nach den Anweisungen im Protokoll des Herstellers.

- Nach der Bestimmung der RNA- oder poly(A)⁺-RNA-Konzentration wurde die RNA durch Zugabe von 1/10 Volumina 3 M Natriumacetat, pH 4,6, und 2 Volumina Ethanol gefällt und bei -70°C aufbewahrt.

Für die Analyse wurden jeweils 20 µg RNA in einem Formaldehydhaltigen 1,5%igen Agarosegel aufgetrennt und auf Nylon Membranen (Hybond, Amersham) überführt.

Der Nachweis spezifischer Transkripte wurde wie bei Amasino beschrieben durchgeführt (Amasino (1986) Anal. Biochem. 152: 304).

Beispiel 9: Konstruktion von cDNA-Banken

5 Zur Konstruktion der cDNA-Banken aus *Physcomitrella*, *Thraustochytrium* und
Fusarium wurde die Erststrangsynthese unter Verwendung von Reverser Transkriptase
aus Maus-Leukämie-Virus (Roche, Mannheim, Deutschland) und Oligo-d(T)-Primern,
die Zweitstrangsynthese durch Inkubation mit DNA-Polymerase I, Klenow-Enzym und
10 RNAse H-Spaltung bei 12°C (2 Std.), 16°C (1 Std.) und 22°C (1 Std.) erzielt. Die
Reaktion wurde durch Inkubation bei 65°C (10 min) gestoppt und anschließend auf Eis
überführt. Doppelsträngige DNA-Moleküle wurde mit T4-DNA-Polymerase (Roche,
Mannheim) bei 37°C (30 min) mit glatten Enden versehen. Die Nukleotide wurden
durch Phenol/Chloroform-Extraktion und Sephadex-G50-Zentrifugiersäulen entfernt.
15 EcoRI/XhoI-Adapter (Pharmacia, Freiburg, Deutschland) wurden mittels T4-DNA-
Ligase (Roche, 12°C, über Nacht) an die cDNA-Enden ligiert, mit XhoI nachgeschnitten
und durch Inkubation mit Polynukleotidkinase (Roche, 37°C, 30 min) phosphoryliert.
Dieses Gemisch wurde der Trennung auf einem Low-Melting-Agarose-Gel unterwor-
fen. DNA-Moleküle über 300 Basenpaaren wurden aus dem Gel eluiert, phenol-
extrahiert, auf Elutip-D-Säulen (Schleicher und Schüll, Dassel, Deutschland) konzent-
20 riert und an Vektorarme ligiert und in lambda-ZAPII-Phagen oder lambda-ZAP-
Express-Phagen unter Verwendung des Gigapack Gold-Kits (Stratagene, Amsterdam,
Niederlande) verpackt, wobei Material des Herstellers verwendet und seine Anweisun-
gen befolgt wurden.

Beispiel 10: DNA-Sequenzierung und Computeranalyse

25 cDNA-Banken, wie im Beispiel 9 beschrieben, wurden zur DNA-Sequenzierung nach
Standardverfahren, insbesondere durch das Kettenterminationsverfahren unter
Verwendung des ABI PRISM Big Dye Terminator Cycle Sequencing Ready Reaction-
Kit (Perkin-Elmer, Weiterstadt, Deutschland), verwendet. Die Sequenzierung zufälliger,
vereinzelter Klone wurde anschließend an die präparative Plasmidgewinnung aus
30 cDNA-Banken über in vivo-Massenexcision und Retransformation von DH10B auf
Agarplatten durchgeführt (Einzelheiten zu Material und Protokoll von Stratagene,
Amsterdam, Niederlande). Plasmid-DNA wurde aus über Nacht gezüchteten E. coli-
Kulturen, die in Luria-Brühe mit Ampicillin (siehe Sambrook et al. (1989) (Cold Spring
Harbor Laboratory Press: ISBN 0-87969-309-6)) gezüchtet worden waren, an einem
35 Qiagen-DNA-Präparations-Roboter (Qiagen, Hilden) nach den Protokollen des
Herstellers präpariert. Sequenzierprimer mit den folgenden Nukleotidsequenzen
wurden verwendet:

5'-CAGGAAACAGCTATGACC-3'

5'-CTAAAGGGAACAAAAGCTG-3'

5'-TGTAACGACGGCCAGT-3'

- Die Sequenzen wurden unter Verwendung des Standard-Softwarepakets EST-MAX, das kommerziell von Bio-Max (München, Deutschland) geliefert wird, prozessiert und annotiert. Durch Nutzung von Vergleichsalgorithmen und unter Verwendung einer Suchsequenz wurde mit Hilfe des BLAST-Programms nach homologen Genen gesucht
- 5 (Altschul et al. (1997) "Gapped BLAST and PSI-BLAST: A new generation of protein database search programs", Nucleic Acids Res. 25: 3389-3402).

Beispiel 11: Identifikation von Genen mittels Hybridisierung

Gensequenzen lassen sich zur Identifikation homologer oder heterologer Gene aus cDNA- oder genomischen Banken verwenden.

- 10 Homologe Gene (d.h. Vollängen-cDNA-Klone, die homolog sind, oder Homologe) lassen sich über Nukleinsäurehybridisierung unter Verwendung von beispielsweise cDNA-Banken isolieren: Je nach der Häufigkeit des Gens von Interesse werden 100000 bis zu 1000000 rekombinante Bakteriophagen plattiert und auf eine Nylon-
- 15 membran überführt. Nach der Denaturierung mit Alkali wird die DNA auf der Membran z.B. durch UV-Vernetzung immobilisiert. Die Hybridisierung erfolgt bei hochstringenten Bedingungen. In wässriger Lösung werden die Hybridisierung und die Waschschr
- 20 itte bei einer Ionenstärke von 1 M NaCl und einer Temperatur von 68°C durchgeführt. Hybridisierungssonden wurden z.B. durch Markierung mittels radioaktiver (32P) Nicktranskription (High Prime, Roche, Mannheim, Deutschland) hergestellt. Die Signale werden mittels Autoradiographie nachgewiesen.

- Partiell homologe oder heterologe Gene, die verwandt, aber nicht identisch sind, lassen sich analog zum oben beschriebenen Verfahren unter Verwendung niedrig-
- 25 stringenter Hybridisierungs- und Waschbedingungen identifizieren. Für die wässrige Hybridisierung wurde die Ionenstärke gewöhnlich bei 1 M NaCl gehalten, wobei die Temperatur nach und nach von 68 auf 42°C gesenkt wurde.

- Die Isolatierung von Gensequenzen, die nur zu einer einzelnen Domäne von beispielsweise 10 bis 20 Aminosäuren Homologien aufweisen, lässt sich unter Verwendung synthetischer, radioaktiv markierter Oligonukleotidsonden durchführen. Radioaktiv markierte Oligonukleotide werden mittels Phosphorylierung des 5'-Endes zweier
- 30 komplementärer Oligonukleotide mit T4-Polynukleotidkinase hergestellt. Die komplementären Oligonukleotide werden aneinander hybridisiert und ligiert, so dass Konkatemere entstehen. Die doppelsträngigen Konkatemere werden beispielsweise durch Nicktranskription radioaktiv markiert. Die Hybridisierung erfolgt gewöhnlich bei niedrig-
- 35 stringenten Bedingungen unter Verwendung hoher Oligonukleotidkonzentrationen.

Oligonukleotid-Hybridisierungslösung:

- 6 x SSC
- 0,01 M Natriumphosphat
- 1 mM EDTA (pH 8)
- 5 0,5% SDS
- 100 µg/ml denaturierte Lachssperma-DNA
- 0,1% fettarme Trockenmilch

- 10 Während der Hybridisierung wurde die Temperatur schrittweise auf 5-10°C unter die berechnete Oligonukleotid-T_m oder bis auf Raumtemperatur bedeutet RT = 23°C in allen Experimenten, wenn nicht anders angegeben) gesenkt, gefolgt von Waschschritten und Autoradiographie. Das Waschen wurde mit extrem niedriger Stringenz durchgeführt, zum Beispiel 3 Waschschritte unter Verwendung von 4 x SSC. Weitere Einzelheiten sind wie von Sambrook, J., et al. (1989), „Molecular Cloning: A Laboratory Manual“, Cold Spring Harbor Laboratory Press, oder Ausubel, F.M., et al. (1994) „Current Protocols in Molecular Biology“, John Wiley & Sons, beschrieben.
- 15

Beispiel 12: Isolierung und Klonierung eines Vollängenklons für LPAAT aus Thraustochytrium

Durchmustern einer cDNA-Bank von Thraustochytrium

- 20 Entsprechend unter Beispiel 9 beschrieben, wurde eine cDNA Bank von Thraustochytrium erstellt. Im nächsten Schritt wurde die Phagenbank nach Herstellerangaben mittels eines Helferphagen in eine Plasmidbank umgesetzt. Die Plasmidbank wurde auf LB-Medium, 0,8 % Agar, 100 mg/ L Ampicillin ausplattiert und inkubiert. Gewachsene Bakterienkolonien wurden zufällig ausgewählt, in Flüssigmedium (LB, 100 mg/ L Ampicillin) angezogen und wie in Beispiel 10 beschrieben, einer Sequenzierung unterworfen.
- 25

- 30 Die erhaltenen Sequenzen wurden nach Redundanzen durchsucht und diese entfernt. Dadurch konnte ein Sequenzsortiment erhalten werden, dass ein Unigen-Set beschreibt. Dieses Sequenz-Set wurde in die Pedant-Datenbank (Biomax AG, Martinsried, Deutschland) eingelesen. Mittels BLAST Analyse anhand von konservierten Bereichen innerhalb von Acyltransferasen wurde ein kurzes Sequenzstück mit niedriger Ähnlichkeit zu bekannten Acyltransferasen gefunden. Die vorhandene Sequenzinformation wurde verwendet, um Primer zu generieren (LPAAT069-5' und LPAAT069-3'). Mit diesem Fragment wurde dann in der cDNA-Bank nach einem Volllänge-Klon gesucht (siehe unten 7 a) und b).

Tabelle 7: Sequenzen der eingesetzten Primer;

Die Schmelztemperatur T_m (°C) der Oligonukleotide wurde nach Suggs et al. (1981) berechnet: T_m (°C) = 4 (G+C) + 2 (A+T) T_m -Werte in Klammern beziehen sich auf tatsächlich bindende Nukleotide von Primern, deren Enden durch zusätzlich eingeführte Schnittstellen modifiziert wurden.

Primer	Sequenz	T_m (°C)
LPAAT069-5'	5'-GCT ACA TTG CCA TGG AGC-3'	56
LPAAT069-3'	5'-GCT ACA AGA GGT CAG GTC G-3'	59
ACtrau-5'	5'-CTG GAT CCA TGA GCG CGT GGA CGA G-3'	69 (52)
ACtrau-3'	5'-TTG GAT CCC AAG AGG TCA GGT CGG A-3'	66 (54)
ACtrau-3'stop	5'-TTG GAT CCC TAC AAG AGG TCA GGT CG-3'	66 (48)
YES-HIS-5'	5'-CTG AGC TCA TGA GCG CGT GGA G-3'	69 (56)
YES-HIS-3'	5'-ATG GAT CCG TGA TGG TGA TGG TGA TGC AAG AGG TC-3'	72 (40)

Bei den PCR-Experimenten wurden die unten angegebenen Bestandteile eines PCR-Standardansatzes auf Eis in ein PCR-Reaktionsgefäß pipettiert, in den Thermoblock gestellt und das unten dargestellte Temperaturprofil gestartet. Als Polymerase wurde in fast allen Fällen die Taq-Polymerase (Gibco BRL) eingesetzt. Lediglich bei Amplifikationen im Rahmen der funktionalen Expression in *E. coli* JC201 wurde die Pfu-Polymerase (Stratagene) verwendet. Die Zugabe der Polymerase erfolgte bei allen Experimenten über einen sogenannten "Heißstart", bei dem das Enzym erst nach 5 min Denaturierung des DNA-Templates zugegeben wird. Die Annealingtemperaturen (T_a) wurden 3-5°C unter der mittleren Schmelztemperatur T_m der Primerpaare gewählt.

PCR-Standardansatz (für Taq-Polymerase)

5 µl 10 x PCR-Puffer (100 mM Tri-HCl, pH 8,3; 15 mM MgCl₂, 500 mM KCl)
 1 µl dNTP-Mix (10 mM dATP, dGTP, dTTP u. dCTP)
 1 µl Primer 1 (30 µM)
 1 µl Primer 2 (30 µM)
 1 U Taq-Polymerase
 50-100 ng Plasmid-DNA-Template
 mit Aqua dest. auf 50 µl auffüllen

Heißstartprogramm

1. Denaturierung 95°C, 5 min
 2. Heißstart 25°C, 3 min → Zugabe der Polymerase
 3. Denaturierung 94°C 30 s
 - 5 4. Annealing $T_m - 5^\circ\text{C}$, 30 s
 5. Polymerisation 72°C, 1 - 3 min (für 1,0 kbp ca. 60 s)
- Die Schritte 3. bis 5. wurden 25 bis 30 mal zyklisch wiederholt.
6. Polymerisation 72°C, 5 min
 7. Termination 4°C

10 a) Nichtradioaktive Markierung von DNA

DNA-Sonden wurden nichtradioaktiv mit dem "PCR DIG PROBE SYNTHESIS KIT" (Boehringer Mannheim) markiert. Dabei wurden DNA-Fragmente in einer PCR-Reaktion mit Digoxigenin-markierten Desoxyuridintriphosphat (DIG-dUTP) markiert. Die Detektion erfolgte anschließend mittels eines Anti-Digoxigenin-Antikörpers, der mit alkalischer Phosphatase konjugiert ist, und Zugabe von Chemilumineszenz- oder Farbsubstraten.

20 Um Hintergrundsignale zu vermeiden, die auf Vektorsequenzen zurückzuführen sind, wurde für die PCR-Markierung zunächst in einer ersten PCR mit unmarkierten dNTPs die gewünschte DNA amplifiziert, das lineare Fragment über ein Agarosegel gereinigt und als Template für die eigentliche PCR-Markierung benutzt, bei der wieder das Primerpaar der ersten PCR eingesetzt wurde. Die Durchführung der Markierungsreaktion richtete sich nach den Angaben des Herstellers. Die gewählten Primerkombinationen sind in der folgenden Tabelle zusammengefaßt.

Primer	Sequenz
LPAAT069-5'	5'- GCT ACA TTG CCA TGG AGC -3'
LPAAT069-3'	5'- GCT ACA AGA GGT CAG GTC G -3'

25

b) Screening einer cDNA-Bank

30 Zur Isolation eines vollständigen Klon wurde eine Thraustochytrium cDNA-Bank (in λ TriplEx2) mit der DIG-markierten Sonde abgesucht. Die Erstellung der Sonde erfolgte mit den Primern LPAAT069-3' und LPAAT069-5, abgeleitet von dem EST-Klon s_t002038069 bekannten cDNA-Sequenz die möglicherweise für eine LPAAT aus Thraustochytrium kodiert.

Es wurden je 5×10^4 Plaques auf 10 große NZY-Platten, entsprechend den Angaben des Herstellers (Stratagene) ausplattiert. Für den Transfer der Phagen auf Nitrocellulose-Filter (Hybond™-C, Amersham) wurden die Filter 1 min auf die Platten gelegt und ihre genaue Lage durch 3 Einstiche mit einer Kanüle markiert. Anschließend wurden die Filter mit der Abdruckseite nach oben zunächst 5 min mit Denaturierungs-Lösung, dann 5 min mit Neutralisierungs-Lösung und schließlich 15 min mit 2 x SSC-Lösung behandelt. Dies erfolgte auf 3 Bögen Whatman 3 MM Papier, die mit den Lösungen getränkt waren. Nach fünfminütigem Trocknen der Filter wurde die DNA durch UV-Behandlung mit $0,12 \text{ Joule/cm}^2$ (UV-Crosslinker, Hoefer Scientific Instruments) fixiert. Hybridisierung und kolorimetrische Detektion erfolgten mit dem "Dig System für Filter Hybridisierung" von Boehringer (Mannheim) entsprechend den Angaben des Herstellers. Als Hybridisierungs-Puffer wurde Standard-Puffer verwendet, wobei die Hybridisierung in 80 ml Hybridisierungs-Puffer mit 15 µl des Sonden-PCR-Ansatzes durchgeführt wurde. Nach erfolgter Detektion wurden die genaue Lage der Signale sowie die drei Orientierungspunkte der Filter auf Plastikfolien übertragen, um mit diesen als Schablone die positiven Plaques auf den Platten zu identifizieren. Diese wurden dann mit einem abgeflammt Korkbohrer (Durchmesser 5 mm) ausgestochen, in 1 ml SM-Puffer mit 20 µl CHCl_3 überführt und die Phagen aus den Agarstücken über Nacht bei 4°C eluiert. Ein exaktes Ausstechen der Plaques war durch deren hohe Dichte und geringe Größe kaum möglich. Daher werden in der Regel ein bis zwei "Rescreens" durchgeführt. In diesem Fall wurden die Phagenlysate mittels PCR und den Primern LPAAT069-3' und LPAAT-5 auf Fragmente von ca. 570 bp untersucht. Dazu wurden Aliquots der Phagenlysate mit EDTA (Endkonzentration 10 mM) versetzt und daraus 1 µl für die PCR als Template eingesetzt. Mit positiven Lysaten wurden in-vivo-Exzisionen nach Angaben des "ZAP-cDNA® Gigapack® II Gold Cloning Kit" (Stratagene) durchgeführt, wobei von den infizierten SOLR-Zellen statt der angegebenen 10-50 µl nur 2 µl auf LB-Amp-Platten ausplattiert und über Nacht bei 37°C inkubiert wurden. Die Plasmide der erhaltenen Kolonien wurden direkt mittels PCR und den Primern LPAAT-3' und LPAAT-5' untersucht. Dazu wurden "Pools" erstellt, indem je 6 Kolonien mit sterilen Zahnstochern in einem Eppendorfreaktionsgefäß in 20 µl Aqua dest. eingerieben wurden, 3 x eingefroren und wieder aufgetaut, um die Zellen zu lysieren, 5 min bei $14.000 \times g$ zentrifugiert und vom Überstand 2 µl als Template in die PCR-Reaktion eingesetzt. Positive "Pools" wurden vereinzelt, die Plasmide über Plasmid-Minipräparationen isoliert und über PCR, Restriktionsanalysen sowie DNA-Sequenzierungen analysiert.

Schließlich wurde ein Vollängenklon für LPAAT aus Thraustochytrium identifiziert, dessen DNA-Sequenz in SEQ ID NO:1 dargestellt ist. Die abgeleitete Aminosäuresequenz ist in SEQ ID NO:2 gezeigt.

91

NZY-Medium (pro Liter, NZY-Platten mit 15 g Agar)

- 5 g NaCl
- 5 g Hefeextrakt
- 10 g NZ-Amin (Caseinhydrolysat)
- 5 pH 7,5 (NaOH)
- 2 g MgSO₄ (sterilfiltriert)

Denaturierungs-Lösung

- 0,5 M NaOH
- 10 1,5 M NaCl

Neutralisierungs-Lösung

- 1,0 M Tris-HCl, pH 7,5
- 1,5 M NaCl
- 15
- 20 x SSC
- 3,0 M NaCl
- 0,3 M Natriumcitrat, pH 7,0

20 Standard-Puffer

- 5 x SSC
- 0,1% (w/v) N-Laurylsarcosin
- 0,02% (w/v) SDS
- 1% Blocking Reagents

25

SM-Puffer (pro Liter)

- 5,8 g NaCl
- 2, g MgSO₄
- 50 ml 1 M Tris-HCl, pH 7,5
- 30 5 ml 2% Gelatine

Beispiel 13: Isolierung und Klonierung von Vollängenklonen für PUFA spezifische Acyltransferasen aus *Physcomitrella patens*, *Mortierella alpina* und *Shewanella hanedai*

5 Wie unter Beispiel 8 und 9 beschrieben, wurde aus *Physcomitrella patens* und *Mortierella alpina* RNA isoliert und eine cDNA-Bank hergestellt.

10 Im nächsten Schritt wurde die Phagenbank nach Herstellerangaben mittels eines Helferphagen in eine Plasmidbank umgesetzt. Die Plasmidbank wurde auf LB-Medium, 0,8 % Agar, 100 mg/ L Ampicillin ausplattiert und inkubiert. Gewachsene Bakterienkolonien wurden zufällig ausgewählt, in Flüssigmedium (LB, 100 mg/ L Ampicillin) angezogen und wie in Beispiel 10 beschrieben, einer Sequenzierung unterworfen.

15 Die erhaltenen Sequenzen wurden nach Redundanzen durchsucht und diese entfernt. Dadurch konnte ein Sequenzsortiment erhalten werden, dass ein Unigen-Set beschreibt. Dieses Sequenz-Set wurde in die Pedant-Datenbank (Biomax AG, Martinsried, Deutschland) eingelesen. Mittels BLAST Analyse anhand von konservierten Bereichen innerhalb von Acyltransferasen wurden kurze Sequenzstücke mit niedriger Ähnlichkeit zu bekannten Acyltransferasen gefunden. Die vorhandene Sequenzinformation wurde verwendet, um Primer zu generieren (siehe unten). Mit diesen Primern konnten die Volllänge-Klone amplifiziert werden.

20 Für die Acyltransferase aus *Shewanella hanedai* wurde die öffentliche Datenbank von *Shewanella putrefaciens* MR1 (TIGR Datenbank <http://tigrblast.tigr.org/ufmg/>) nach Acyltransferasen durchsucht. Es konnte eine Sequenz in der Datenbank mit Homologie zu Acyltransferasen gefunden werden. Von dieser Sequenz wurde ein PCR-Fragment generiert mittels Standard-Primer T7 und T3. Das erhaltene Produkt wurde wie in Beispiel 10 a) und b) erläutert, markiert und zum Durchsuchen einer genomischen *Shewanella hanedai* Bank eingesetzt.

30 Genomische DNA aus *Shewanella hanedai* wurde nach folgendem Protokoll isoliert: Eine 100 ml Kultur wurde bis zu einer optischen Dichte von 1,0 bei 30_C angezogen. Davon wurden 60 ml abzentrifugiert bei 3000 xg für 3 min. Das Pellet wurde in 6 ml doppelt-destilliertem H₂O resuspendiert und auf 1,5 ml Gefäße verteilt, abzentrifugiert und der Überstand verworfen. Die Pellets wurden mit 200 µl Lösung A, 200 µl Phenol/Chloroform (1:1) und 0,3 g Glaskugeln durch Vortexen resuspendiert und lysiert. Nach Zugabe von 200 µl TE-Puffer pH 8,0 wurde für 5 min zentrifugiert. Der Überstand wurde einer Ethanol-fällung mit 1 ml Ethanol unterzogen. Das erhaltene Pellet nach Fällung wurde in 400 µl TE-Puffer pH 8,0 + 30 µg/mL RnaseA gelöst.

35 Nach Inkubation für 5 min bei 37_C wurden 18 µl 3 M Natriumacetat-Lösung pH 4,8 und 1 mL Ethanol zugegeben und die präzipitierte DNA durch Zentrifugation pelletiert. Das DNA-Pellet wurde in 25 µl doppelt-destilliertem H₂O gelöst. Die Konzentration der genomischen DNA wurde durch deren Absorption bei 260 nm bestimmt.

Lösung A:

2 % Triton-X100

1 % SDS

0,1 M NaCl

5 0,01 M Tris-HCl pH 8,0

0,001 M EDTA

Die erhaltene genomische DNA wurde 1 Stunden bei 25 °C mit dem Restriktionsenzym Sau3A (New England Biolabs) nach Herstellerangaben inkubiert. Die erhaltene Fragmente wurden dann in einen mit BamHI verdautes pUC18 Plasmid mittels T4 Ligase (Roche) ligiert. Die erhaltene Bank wurde dann in gleicherweise wie in Beispiel 10 beschrieben, durchsucht. Es konnte ein Klon mit einem 1,7 kb grosses genomisches Fragment gefunden werden, der eine 687 bp lange codierende Sequenz mit Ähnlichkeit zu Acyltransferasen zeigt.

15 Die Sequenz aus *Shewanella hanedai* zeigt eine besonders hohe Ähnlichkeit zu der LPCAT aus *Chaenorabdidis elegans*. Die Ähnlichkeit der beiden Sequenzen auf Aminosäureebene beträgt 26 %.

Tabelle 8: Identifizierte Acyltransferase aus den genannten cDNA-Banken

Klon-Nr.	Organismus	Homologie zu
MaLPAAT1.1	<i>M. alpina</i>	LPAAT
MaLPAAT1.2	<i>M. alpina</i>	LPAAT
ShLPAAT	<i>S. hanedai</i>	LPAAT
T6	<i>Thrausto.</i>	LPAAT
pp004064045r	<i>P. patens</i>	LPAAT
pp020064227r	<i>P. patens</i>	LPAAT
pp015052144r	<i>P. patens</i>	GPAT/LPAT
pp004034225r	<i>P. patens</i>	GPAT
pp004104272r	<i>P. patens</i>	Ca-LPAAT
pp020018156r	<i>P. patens</i>	Ca-LPAAT
pp015034341r	<i>P. patens</i>	LPAAT
pp015033362r	<i>P. patens</i>	LCAT
fg003028298	<i>Fusarium</i>	LCAT

Tabelle 9: Sequenzen der eingesetzten Primer;

Clone nr.	Organism	Primersequenz 5'-3' Orientierung	Länge in bp
MaLPAAT1.1	M. alpina	atggatgaatccaccacgacca tcagcccgatgcttgctgc	1254
MaLPAAT1.2	M. alpina	atgaaccctatctacaagggt tcagcccgatgcttgctgc	1170
ShLPAAT	S. hanedai	atgttactgctagcatttgt ttactttgccattaagg	687
T6	Thrausto.	atgagcgcgtggacgagggc ctacaagaggctcaggtcggacgtaca	918
pp004064045	P. patens	Atggctttagatgatatctg ttacacgattttcttttag	714
pp020064227	P. patens	atgctgatattacagcccttc ctaataaacaggaagaccgt	657
pp015052144	P. patens	atgatccggattttcagag tcagtcggtttgcccagggt	444
pp004034225	P. patens	atgccgtcgcgtgttcggg tcaatcagttcgcctgcttc	1305
pp004104272	P. patens	atgcigatattacagcccttc ctaataaacaggaagaccgt	1566
pp020018156	P. patens	atgaccagcacggaaaatac ctagatgttagtttcactc	1560
pp015034341	P. patens	atgattatgatggagggtgctg tcagtcggtttgcccagg	1014
pp015033362	P. patens	atgtgtcaatttctgtgg ttagtggaacataagctgtt	1503
fg003028298	Fusarium	atgggaaagtccactttac ctatgaagtctcctcatcatcg	1893

Bei den PCR-Experimenten wurden die unten angegebenen Bestandteile eines PCR-Standardansatzes auf Eis in ein PCR-Reaktionsgefäß pipettiert, in den Thermoblock gestellt und das unten dargestellte Temperaturprofil gestartet. Als Polymerase wurde in fast allen Fällen die Taq-Polymerase (Gibco BRL) eingesetzt. Lediglich bei Amplifikationen im Rahmen der funktionalen Expression in *E. coli* JC201 wurde die Pfu-Polymerase (Stratagene) verwendet. Die Zugabe der Polymerase erfolgte bei allen Experimenten über einen sogenannten "Heißstart", bei dem das Enzym erst nach 5 min Denaturierung des DNA-Templates zugegeben wird. Die Annealingtemperaturen (T_a) wurden 3-5°C unter der mittleren Schmelztemperatur T_m der Primerpaare gewählt.

PCR-Standardansatz (für Taq-Polymerase)

- 5 µl 10 x PCR-Puffer (100 mM Tris-HCl, pH 8,3; 15 mM MgCl₂, 500 mM KCl)
1 µl dNTP-Mix (10 mM dATP, dGTP, dTTP u. dCTP)
1 µl Primer 1 (30 µM)
5 1 µl Primer 2 (30 µM)
1 U Taq-Polymerase
50-100 ng Plasmid-DNA-Template
mit Aqua dest. auf 50 µl auffüllen

10 Heißstartprogramm

1. Denaturierung 95°C, 5 min
2. Heißstart 25°C, 3 min → Zugabe der Polymerase
3. Denaturierung 94°C 30 s
4. Annealing T_m-5°C, 30 s
15 5. Polymerisation 72°C, 1 - 3 min (für 1,0 kbp ca. 60 s)
Die Schritte 3. bis 5. wurden 25 bis 30 mal zyklisch wiederholt.
6. Polymerisation 72°C, 5 min
7. Termination 4°C

GSP: TCT CTT TTT CGT GCT GCT CCA GCC GAT (Are 297)

20

PCR-Programm: 10min. 95°C

1min. 95°C (40 Cycles)

1min. 65°C

2min. 72°C

25

10min. 72°C Pause 4°C

PCR-Maschine: Biometra Trio Thermoblock

Zunächst PCR auf der RACE-Bank Moos mit AP1 und GSP, bei richtiger Größe PCR mit nested AP2 und GSP, positive werden in pCRII-TOPO-TA Cloning Vector für Sequenzierung kloniert.

30 Beispiel 14: Expression von Thraustochytrium LPAAT (ThLPAAT) in Hefe

Um die Funktionalität von ThLPAAT nachzuweisen, wurde in einem ersten Ansatz der kodierende Bereich der cDNA in einem Hefe-Expressionsvektor kloniert und in *S. cerevisiae* exprimiert. Die in der Hefe produzierte LPAAT sollte zugesetzte über Acyltransferase-Aktivität in mikrosomalen Fraktionen nachgewiesen werden.

Sämtliche Fest- und Flüssigmedien für Hefe wurden nach Protokollen von Ausubel et al. (Current Protocols in Molecular Biology, John Wiley & Sons, New York, 1995) hergestellt.

- 5 Die ThLPAAT-cDNA wurde über Restriktionsverdau mit HindIII/BamHI aus dem Vektor pGEM-T ausgeschnitten, in den HindIII/BamHI geschnittenen shuttle-Vektor pYES2 (Invitrogen, Carlsbad, USA) kloniert und der so entstandene Vektor pYES2-ThLPAAT in *E. coli* XL1 blue transformiert. pYES2-ThLPAAT wurde mit Hilfe der LiAc-Methode in *S. cerevisiae* INCS1 (Invitrogen, Carlsbad, USA) transformiert, wo die Expression der ThLPAAT-cDNA unter der Kontrolle des GAL1-Promotors stand.
- 10 Die Expression von ThLPAAT in *S. cerevisiae* INVSc1 erfolgte modifiziert nach Avery et al. (Appl. Environ. Microbiol., 62, 1996: 3960 – 3966) und Girke et al. (The Plant Journal, 5, 1998: 39 – 48). Um eine Starterkultur herzustellen, wurden 20 ml SD-Medium mit Glucose und Aminosäurelösung ohne Histidin mit einer Hefe-Einzelkolonie angeimpft und über Nacht bei 30 °C bei 140 rpm inkubiert. Die Zellkultur wurde zwei
- 15 mal gewaschen durch Abzentrifugieren und Resuspendieren in SD-Medium ohne Supplemente und ohne Zucker. Mit den gewaschenen Zellen wurde eine Hauptkultur auf eine OD₆₀₀ von 0,1 bis 0,3 angeimpft. Die Anzucht der Hauptkultur erfolgte in 25 ml SD-Medium mit 2 % (w/v) Galaktose, Aminosäurelösung ohne Histidin, 0,02 %
- 20 Linolsäure (2%ige Stammlösung in 5 % Tergitol NP40), 10 % Tergitol NP40 72 h lang bei 30 °C. Die Ernte der Hauptkultur erfolgte über Zentrifugation. Das Zellpellet wurde bei –20 °C eingefroren und anschließend für ca. 18 h lyophilisiert.

Beispiel 15: Plasmide für die Pflanzentransformation

- Zur Pflanzentransformation können binäre Vektoren, wie pBinAR verwendet werden (Höfgen und Willmitzer (1990) Plant Science 66: 5221-230). Die Konstruktion der
- 25 binären Vektoren kann durch Ligation der cDNA in Sense- oder Antisense-Orientierung in T-DNA erfolgen. 5' der cDNA aktiviert ein Pflanzenpromotor die Transkription der cDNA. Eine Polyadenylierungssequenz befindet sich 3' von der cDNA.

- Die gewebespezifische Expression läßt sich unter Verwendung eines gewebespezifischen Promotors erzielen. Beispielsweise kann die samenspezifische Expression
- 30 erreicht werden, indem der Napin- oder der LeB4- oder der USP-Promotor 5' der cDNA einkloniert wird. Auch jedes andere samenspezifische Promotorelement kann verwendet werden. Zur konstitutiven Expression in der ganzen Pflanzen läßt sich der CaMV-35S-Promotor verwenden. Das exprimierte Protein kann unter Verwendung eines
- 35 Signalpeptids, beispielsweise für Plastiden, Mitochondrien oder das Endoplasmatische Retikulum, in ein zelluläres Kompartiment dirigiert werden (Kermode (1996) Crit. Rev. Plant Sci. 15: 285-423). Das Signalpeptid wird 5' im Leseraster mit der cDNA einkloniert, um die subzelluläre Lokalisierung des Fusionsprotein zu erreichen.

Beispiel 16: Transformation von *Agrobacterium*

- Die *Agrobacterium*-vermittelte Pflanzentransformation kann z.B. unter Verwendung des GV3101- (pMP90-) (Koncz und Schell (1986) Mol. Gen. Genet. 204: 383-396) oder LBA4404- (Clontech) *Agrobacterium tumefaciens*-Stamms durchgeführt werden. Die Transformation kann durch Standard-Transformationstechniken durchgeführt werden (Deblaere et al. (1984) Nucl. Acids. Res. 13: 4777-4788).

Beispiel 17: Pflanzentransformation und Expression von PUFA-spezifischen Acyltransferasen in Pflanzen

- Die Expression von LCPUFA-spezifischen Acyltransferasen in transgenen Pflanzen ist vorteilhaft, um den LCPUFA-Gehalt in diesen Pflanzen zu erhöhen. Dazu wurden die erfindungsgemäßen Acyltransferase-cDNAs in binäre Vektoren kloniert und über *Agrobacterium*-vermittelten DNA-Transfer in *Arabidopsis thaliana*, *Nicotiana tabacum*, *Brassica napus* und *Linum usitatissimum* übertragen. Die Expression der Acyltransferase cDNA stand dabei unter der Kontrolle des konstitutiven CaMV 35 S-Promotors bzw. des samenspezifischen USP-Promotors.
- Besonders bevorzugt sind hierbei transgene Pflanzen, die bereits die für Synthese von LCPUFAs notwendigen Desaturasen und Elongasen exprimieren und geringe Mengen dieser LCPUFAs herstellen.
- Als Expressionsvektoren wurden der Vektor pBinAR (Höfgen und Willmitzer, Plant Science, 66, 1990: 221 - 230) bzw. das pBinAR Derivat pBinAR-USP, bei dem der CaMV 35 S-Promotor gegen den USP-Promotor aus *V. faba* ausgetauscht war, verwendet. Ebenfalls verwendet wurden die Vektoren pGPTV und pGPTV-USP. Zur Umklonierung mußte die CalDes-cDNA aus dem Vektor pGEM-T ausgeschnitten und in pBinAR bzw. pBinAR-USP kloniert werden. Ein weiterer verwendeter binärer Vektor war pSUN.
- Die entstandenen binären Vektoren mit Acyltransferasegenen wurden in *Agrobacterium tumefaciens* transformiert (Höfgen und Willmitzer, Nucl. Acids Res., 16, 1988: 9877). Die Transformation von *A. thaliana* erfolgte mittels "floral dip" (Clough und Bent, Plant Journal, 16, 1998: 735 - 743), die von *N. tabacum* über Cokultivierung von Tabakblattstückchen mit transformierten *A. tumefaciens* Zellen, die von Lein und Raps durch Cokultivierung von Hypokotylstücken mit transformierten *A. tumefaciens* Zellen.
- Die Expression der Acyltransferase-Gene in transgenen *Arabidopsis*-, Tabak-, Raps- und Leinpflanzen wurde über Northern-Blot Analyse untersucht. Ausgewählte Pflanzen wurden auf ihren Gehalt an Punicinsäure bzw. anderen konjugierten Fettsäuren wie CLA im Samenöl untersucht.

Analog zum USP-Promotor kann auch der Napin-Promotor verwendet werden, um eine samenspezifische Expression von PuFADX und PuFAD12 zu erreichen.

Die Agrobacterium-vermittelte Pflanzentransformation kann unter Verwendung von Standard-Transformations- und Regenerationstechniken durchgeführt werden (Gelvin, Stanton B., Schilperoort, Robert A., Plant Molecular Biology Manual, 2. Aufl., Dordrecht: Kluwer Academic Publ., 1995, in Sect., Ringbuc Zentrale Signatur: BT11-P
5 ISBN 0-7923-2731-4; Glick, Bernard R., Thompson, John E., Methods in Plant Molecular Biology and Biotechnology, B. Raton: CRC Press, 1993, 360 S., ISBN 0-8493-5164-2).

Beispielsweise kann Raps mittels Kotyledonen- oder Hypokotyltransformation transformiert werden (Moloney et al., Plant Cell Report 8 (1989) 238-242; De Block et al.,
10 Plant Physiol. 91 (1989) 694-701). Die Verwendung von Antibiotika für die Agrobacterium- und Pflanzenselektion hängt von dem für die Transformation verwendeten binären Vektor und Agrobacteriumstamm ab. Die Rapsselektion wird gewöhnlich unter Verwendung von Kanamycin als selektierbarem Pflanzenmarker durchgeführt. Der Agrobacterium-vermittelte Gentransfer in Lein (*Linum usitatissimum*) lässt sich unter
15 Verwendung von beispielsweise einer von Mlynarova et al. (1994) Plant Cell Report 13: 282-285 beschriebenen Technik durchführen.

Die Transformation von Soja kann unter Verwendung von beispielsweise einer in EP-A-O 0424047 (Pioneer Hi-Bred International) oder in EP-A-O 0397687, us 5,376,543,
20 us 5,169,770 (University Toledo) beschriebenen Technik durchgeführt werden. Die Pflanzentransformation unter Verwendung von Teilchenbeschuss, Polyethylenglycol-vermittelter DNA-Aufnahme oder über die Siliziumcarbonatfaser-Technik ist beispielsweise beschrieben von Freeling und Walbot "The maize handbook" (1993) ISBN 3-540-97826-7, Springer Verlag New York).

Beispiel 18: Untersuchung der Expression eines rekombinanten Genproduktes in
25 einem transformierten Organismus

Die Aktivität eines rekombinanten Genproduktes im transformierten Wirtsorganismus wurde auf der Transkriptions- und/oder der Translationsebene gemessen.

Ein geeignetes Verfahren zur Bestimmung der Menge an Transkription des Gens (ein Hinweis auf die Menge an RNA, die für die Translation des Genproduktes zur Verfügung steht) ist die Durchführung eines Northern-Blots wie unten ausgeführt (als
30 Bezugsstelle siehe Ausubel et al. (1988) Current Protocols in Molecular Biology, Wiley: New York, oder den oben erwähnten Beispielteil) wobei ein Primer, der so gestaltet ist, dass er an das Gen von Interesse bindet, mit einer nachweisbaren Markierung (gewöhnlich radioaktiv oder chemilumineszent) markiert wird, so dass, wenn die
35 Gesamt-RNA einer Kultur des Organismus extrahiert, auf einem Gel aufgetrennt, auf eine stabile Matrix transferiert und mit dieser Sonde inkubiert wird, die Bindung und das Ausmaß der Bindung der Sonde das Vorliegen und auch die Menge der mRNA für dieses Gen anzeigt. Diese Information zeigt den Grad der Transkription des transformierten Gens an. Zelluläre Gesamt-RNA kann aus Zellen, Geweben oder Organen mit
40 mehreren Verfahren, die alle im Fachgebiet bekannt sind, wie zum Beispiel das von

Bormann, E.R., et al. (1992) Mol. Microbiol. 6:317-326 beschriebene, präpariert werden.

Northern-Hybridisierung:

- 5 Für die RNA-Hybridisierung wurden 20 µg Gesamt-RNA oder 1 µg poly(A)⁺-RNA mittels Gelelektrophorese in Agarosegelen mit einer Stärke von 1,25% unter Verwendung von Formaldehyd, wie beschrieben in Arnasio (1986, Anal. Biochem. 152, 304) aufgetrennt, mittels Kapillaranziehung unter Verwendung von 10 x SSC auf positiv geladene Nylonmembranen (Hybond N⁺, Amersham, Braunschweig) übertragen, mittels UV-Licht immobilisiert und 3 Stunden bei 68°C unter Verwendung von Hybridisierungspuffer (10% Dextransulfat Gew./Vol., 1 M NaCl, 1% SDS, 100 mg Heringsperma-DNA) vorhybridisiert. Die Markierung der DNA-Sonde mit dem Highprime DNA labeling-Kit (Roche, Mannheim, Deutschland) erfolgte während der Vorhybridisierung unter Verwendung von alpha-32P-dCTP (Amersham, Braunschweig, Deutschland). Die Hybridisierung wurde nach Zugabe der markierten DNA-Sonde im gleichen Puffer bei 15 68°C über Nacht durchgeführt. Die Waschschrte wurden zweimal für 15 min unter Verwendung von 2 X SSC und zweimal für 30 min unter Verwendung von 1 X SSC, 1% SDS, bei 68°C durchgeführt. Die Exposition der verschlossenen Filter wurde bei -70°C für einen Zeitraum von 4 Stunden bis zu 3 Tagen durchgeführt.
- 20 Zur Untersuchung des Vorliegens oder der relativen Menge an von dieser mRNA translatiertem Protein können Standardtechniken, wie ein Western-Blot, eingesetzt werden (siehe beispielsweise Ausubel et al. (1988) Current Protocols in Molecular Biology, Wiley: New York). Bei diesem Verfahren werden die zellulären Gesamtproteine extrahiert, mittels Gelelektrophorese aufgetrennt, auf eine Matrix, wie Nitrozellulose, übertragen und mit einer
- 25 Sonde, wie einem Antikörper, der spezifisch an das gewünschte Protein bindet, inkubiert. Diese Sonde ist gewöhnlich mit einer chemilumineszenten oder kolorimetrischen Markierung versehen, die sich leicht nachweisen läßt. Das Vorliegen und die Menge der beobachteten Markierung zeigt das Vorliegen und die Menge des gewünschten, in der Zelle vorliegenden mutierten Proteins an.
- 30 Beispiel 19: Analyse der Auswirkung der rekombinanten Proteine auf die Produktion des gewünschten Produktes
- 35 Die Auswirkung der genetischen Modifikation in Pflanzen, Pilzen, Algen, Ciliaten oder auf die Produktion einer gewünschten Verbindung (wie einer Fettsäure) kann bestimmt werden, indem die modifizierten Mikroorganismen oder die modifizierte Pflanze unter geeigneten Bedingungen (wie den vorstehend beschriebenen) gezüchtet werden und das Medium und/oder die zellulären Komponenten auf die erhöhte Produktion des gewünschten Produktes (d.h. von Lipiden oder einer Fettsäure) untersucht wird. Diese Analysetechniken sind dem Fachmann bekannt und umfassen Spektroskopie,

Dünnschichtchromatographie, Färbeverfahren verschiedener Art, enzymatische und mikrobiologische Verfahren sowie analytische Chromatographie, wie Hochleistungs-Flüssigkeitschromatographie (siehe beispielsweise Ullman, Encyclopedia of Industrial Chemistry, Bd. A2, S. 89-90 und S. 443-613, VCH: Weinheim (1985); Fallon, A., et al., (1987) "Applications of HPLC in Biochemistry" in: Laboratory Techniques in Biochemistry and Molecular Biology, Bd. 17; Rehm et al. (1993) Biotechnology, Bd. 3, Kapitel III:

"Product recovery and purification", S. 469-714, VCH: Weinheim; Belter, P.A., et al. (1988) Bioseparations: downstream processing for Biotechnology, John Wiley and Sons; Kennedy, J.F., und Cabral, J.M.S. (1992) Recovery processes for biological Materials, John Wiley and Sons; Shaeiwitz, J.A., und Henry, J.D. (1988) Biochemical Separations, in: Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry, Bd. B3; Kapitel 11, S. 1-27, VCH: Weinheim; und Dechow, F.J. (1989) Separation and purification techniques in biotechnology, Noyes Publications).

15 Neben den oben erwähnten Verfahren werden Pflanzenlipide aus Pflanzenmaterial wie von Cahoon et al. (1999) Proc. Natl. Acad. Sci. USA 96 (22) :12935-12940, und Browse et al. (1986) Analytic Biochemistry 152:141-145, beschrieben extrahiert. Die qualitative und quantitative Lipid- oder Fettsäureanalyse ist beschrieben bei Christie, William W., Advances in Lipid Methodology, Ayr/Scotland: Oily Press (Oily Press Lipid Library; 2); Christie, William W., Gas Chromatography and Lipids. A Practical Guide - 20 Ayr, Scotland: Oily Press, 1989, Repr. 1992, IX, 307 S. (Oily Press Lipid Library; 1); "Progress in Lipid Research, Oxford: Pergamon Press, 1 (1952) -16 (1977) u.d.T.: Progress in the Chemistry of Fats and Other Lipids CODEN.

Zusätzlich zur Messung des Endproduktes der Fermentation ist es auch möglich, andere Komponenten der Stoffwechselwege zu analysieren, die zur Produktion der 25 gewünschten Verbindung verwendet werden, wie Zwischen- und Nebenprodukte, um die Gesamteffizienz der Produktion der Verbindung zu bestimmen. Die Analyseverfahren umfassen Messungen der Nährstoffmengen im Medium (z.B. Zucker, Kohlenwasserstoffe, Stickstoffquellen, Phosphat und andere Ionen), Messungen der Biomassezusammensetzung und des Wachstums, Analyse der Produktion üblicher Metabolite von Biosynthesewegen und Messungen von Gasen, die während der Fermentation erzeugt werden. Standardverfahren für diese Messungen sind in Applied Microbial Physiology; 30 A Practical Approach, P.M. Rhodes und P.F. Stanbury, Hrsgb., IRL Press, 10 S. 131-163 und 165-192 (ISBN: 0199635773) und darin angegebenen Literaturstellen beschrieben.

35 Ein Beispiel ist die Analyse von Fettsäuren (Abkürzungen: FAME, Fettsäuremethylester; GC-MS, Gas-Flüssigkeitschromatographie-Massenspektrometrie; TAG, Triacylglycerin; TLC, Dünnschichtchromatographie).

Der unzweideutige Nachweis für das Vorliegen von Fettsäureprodukten kann mittels Analyse rekombinanter Organismen nach Standard-Analyseverfahren erhalten werden: 40 GC, GC-MS oder TLC, wie verschiedentlich beschrieben von Christie und den Literaturstellen darin (1997, in: Advances on Lipid Methodology, Vierte Aufl. : Christie,

Oily Press, Dundee, 119-169; 1998, Gaschromatographie-Massenspektrometrie-Verfahren, Lipide 33:343-353).

5 Das zu analysierende Material kann durch Ultraschallbehandlung, Mahlen in der Glasmühle, flüssigen Stickstoff und Mahlen oder über andere anwendbare Verfahren aufgebrochen werden. Das Material muss nach dem Aufbrechen zentrifugiert werden. Das Sediment wird in Aqua dest. resuspendiert, 10 min bei 100°C erhitzt, auf Eis abgekühlt und erneut zentrifugiert, gefolgt von

10 Extraktion in 0,5 M Schwefelsäure in Methanol mit 2% Dimethoxypropan für 1 Std. bei 90°C, was zu hydrolysierten Öl- und Lipidverbindungen führt, die transmethylierte Lipide ergeben. Diese Fettsäuremethylester werden in Petrolether extrahiert und schließlich einer GC-Analyse unter Verwendung einer Kapillarsäule (Chrompack, WCOT Fused Silica, CP-Wax-52 CB, 25 Mikrom, 0,32 mm) bei einem Temperaturgradienten zwischen 170°C und 240°C für 20 min und 5 min bei 240°C unterworfen. Die Identität der erhaltenen Fettsäuremethylester muss unter Verwendung von Standards, die aus kommerziellen Quellen erhältlich sind (d.h. Sigma), definiert werden.

15 Bei Fettsäuren, für die keine Standards verfügbar sind, muss die Identität über Derivatisierung und anschließende GC-MS-Analyse gezeigt werden. Beispielsweise muss die Lokalisierung von Fettsäuren mit Dreifachbindung über GC-MS nach Derivatisierung mit 4,4-Dimethoxyoxazolin-Derivaten (Christie, 1998, siehe oben) 20 gezeigt werden.

Äquivalente

25 Der Fachmann erkennt oder kann viele Äquivalente der hier beschriebenen erfindungsgemäßen spezifischen Ausführungsformen feststellen, indem er lediglich Routineexperimente verwendet. Diese Äquivalente sollen von den Patentansprüchen umfasst sein.

Neue pflanzliche Acyltransferasen spezifisch für langkettige mehrfach ungesättigte Fettsäuren

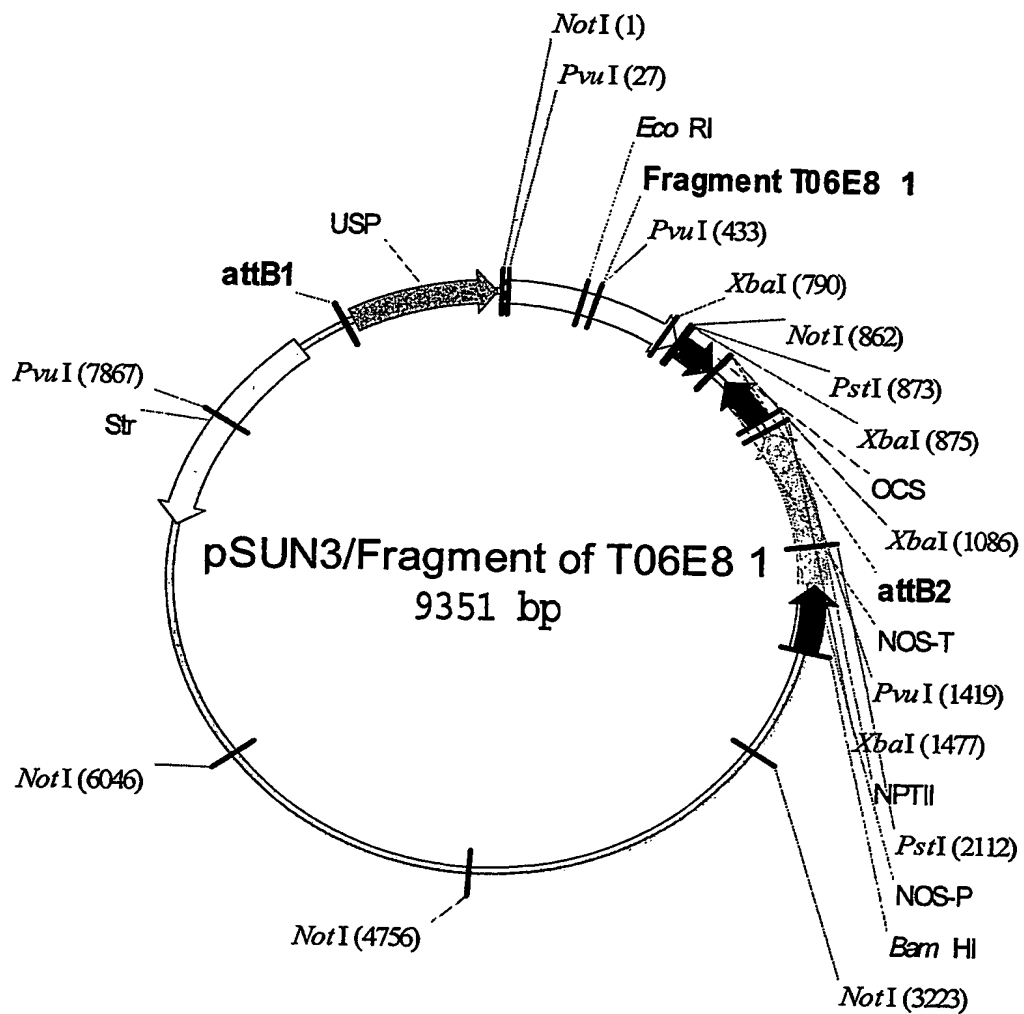
Zusammenfassung

- 5 Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung von langkettigen mehrfach ungesättigten Fettsäuren in einem Organismus, indem Nukleinsäuren in den Organismus eingebracht werden, die für Polypeptide mit Acyltransferaseaktivität codieren. Vorteilhaft können diese Nukleinsäuresequenzen gegebenenfalls zusammen mit weiteren Nukleinsäuresequenzen, die für Polypeptide der Biosynthese des Fettsäure- oder Lipidstoffwechsels codieren, in dem Organismus exprimiert werden.
- 10 Weiterhin betrifft die Erfindung ein Verfahren zur Herstellung von Ölen und/oder Triacylglyceriden mit einem erhöhten Gehalt an langkettigen mehrfach ungesättigten Fettsäuren.

- 15 Die Erfindung betrifft weiterhin die Nukleinsäuresequenzen, Nukleinsäurekonstrukte, Vektoren und Organismen enthaltend die erfindungsgemäßen Nukleinsäuresequenzen, Vektoren enthaltend die Nukleinsäuresequenzen und/oder die Nukleinsäurekonstrukte sowie transgene Organismen enthalten die vorgenannten Nukleinsäuresequenzen, Nukleinsäurekonstrukte und/oder Vektoren.

Ein weiterer Teil der Erfindung betrifft Öle, Lipide und/oder Fettsäuren hergestellt nach dem erfindungsgemäßen Verfahren und deren Verwendung.

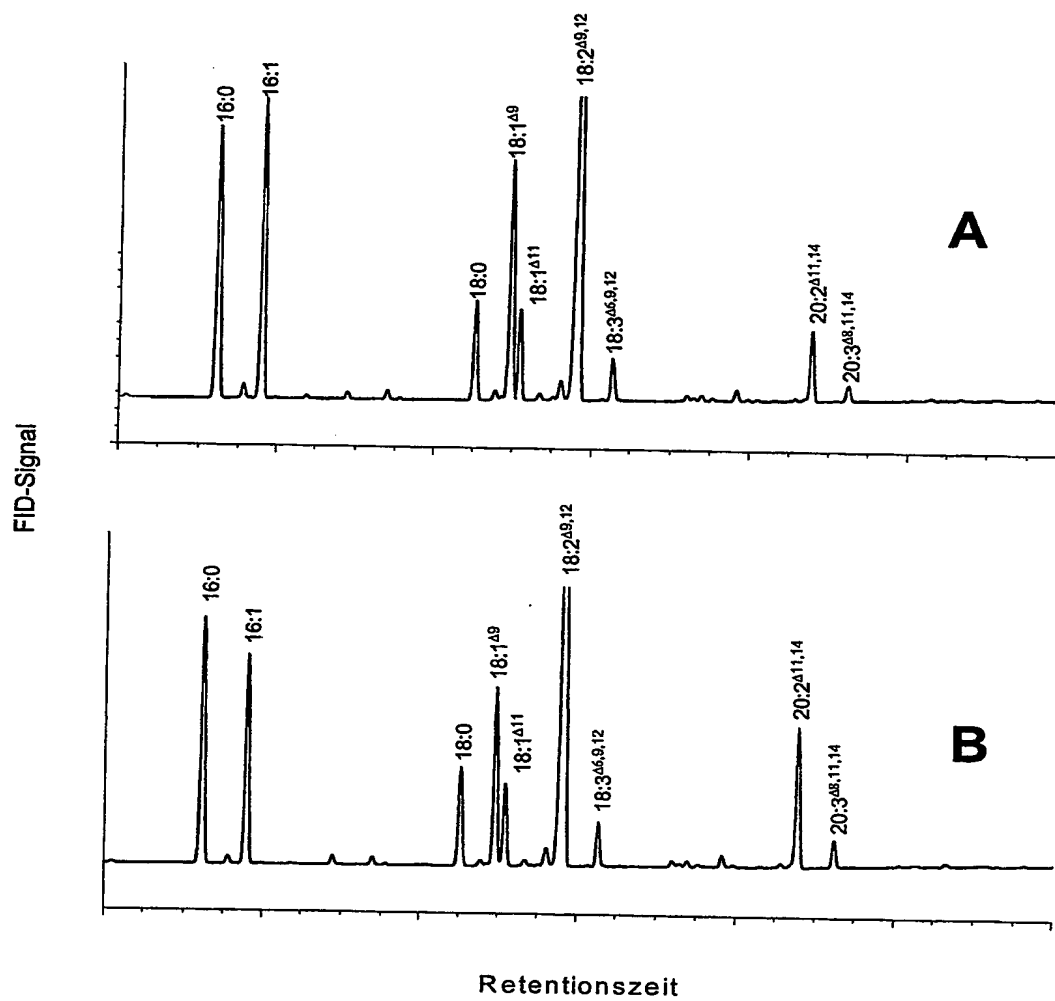
Figur 1: Vektorkarte von pSUN3CeLPLAT



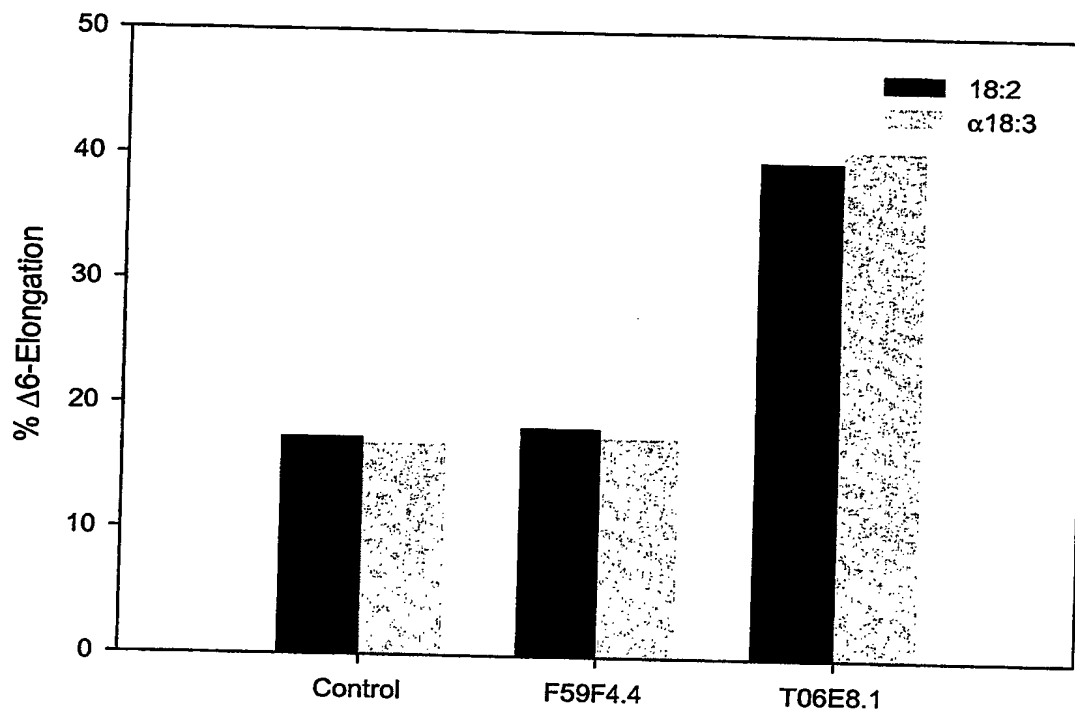
Figur 2: Aminosäure-Sequenzvergleich von *C. elegans* LPLATs (Ce-T06E8.1 und Ce-F59F4.4) mit der *M. musculus* LPAAT (Mm-NP061350).

	1				50
Mm-NP061350	MELWPGAWTA	LLLLLLLLLS	TLWFCSSSAK	YEFKMAFYNG	WILFLAILAI
Ce-T06E8.1	...MENFWSI	VVFLLSILF	ILYNISTVCH	YMRISFYF	TILLHGMEVC
Ce-F59F4.4	.....MTF	LAILFVIAVL	LILAQLPVIG	FYIRAVYFGM	CLIGGFLGG
	51				100
Mm-NP061350	PVCAVRGRNV	ENMKILRLIL	LHAKYLYGIR	VEVRGAHHFP	PTQPYVWVSN
Ce-T06E8.1	VTMIPSWLNG	KGADYVFHSF	FYWCKWTGVH	TTVYGYEKTQ	VEGPVVICN
Ce-F59F4.4	LASIPFGKSP	NNHFRMFKIF	QAMTWPMGVR	FEERNSEILH	DKKPYIITAN
	101				150
Mm-NP061350	HQSSLDLGLM	MEVLPDRCVP	IAKRELLWAG	SAGLACWLAG	TIFIDRKRTG
Ce-T06E8.1	HQSSLDILSM	ASIWPKNCVV	MMKRILAYVP	FFNLGAYFSN	TIFIDRYNRE
Ce-F59F4.4	HQSALDVLCM	SFAWPVDCVV	MLKSSILKYL	GFNLCAYLCD	SVYINRFSKE
	151				200
Mm-NP061350	DATSVMSIVA	QTLTQDVVR	WVFPEGTRNH	NGSMAPFKRG	AFHLAVQAQV
Ce-T06E8.1	RAMASVDYCA	SEMKNRNLKL	WVFPEGTRNR	EGGFIPFKKG	AFNIAVRAQI
Ce-F59F4.4	KALKTVDTTL	HEIVTKKRKY	WIYPEGTRNA	EPELLPFKKG	AFILAKQAKI
	201				250
Mm-NP061350	PIIPIVMSSY	QDFYSKKERR	FTSPGRCQVR	VLPPVSTEGL	TPDDVPALAD
Ce-T06E8.1	PIIPVVFSDY	RDFYSKPGRY	FKNDGEVVIR	VLDATPTKGL	TLDDVSELS
Ce-F59F4.4	PIVECVFSSH	KFEYSHAERK	LTS.GNCIID	ILPEVDSS..	KFDSIDDLA
	251				285
Mm-NP061350	SVRHSMITIF	REISTDGLGG	GDCLKKPGGA	GEARL	
Ce-T06E8.1	MCRDVMLAAY	KEVTLEAQOR	NATRRGETKD	GKKSE	
Ce-F59F4.4	HCRKIMQAGR	EKLDAEAAANL	NI.....		

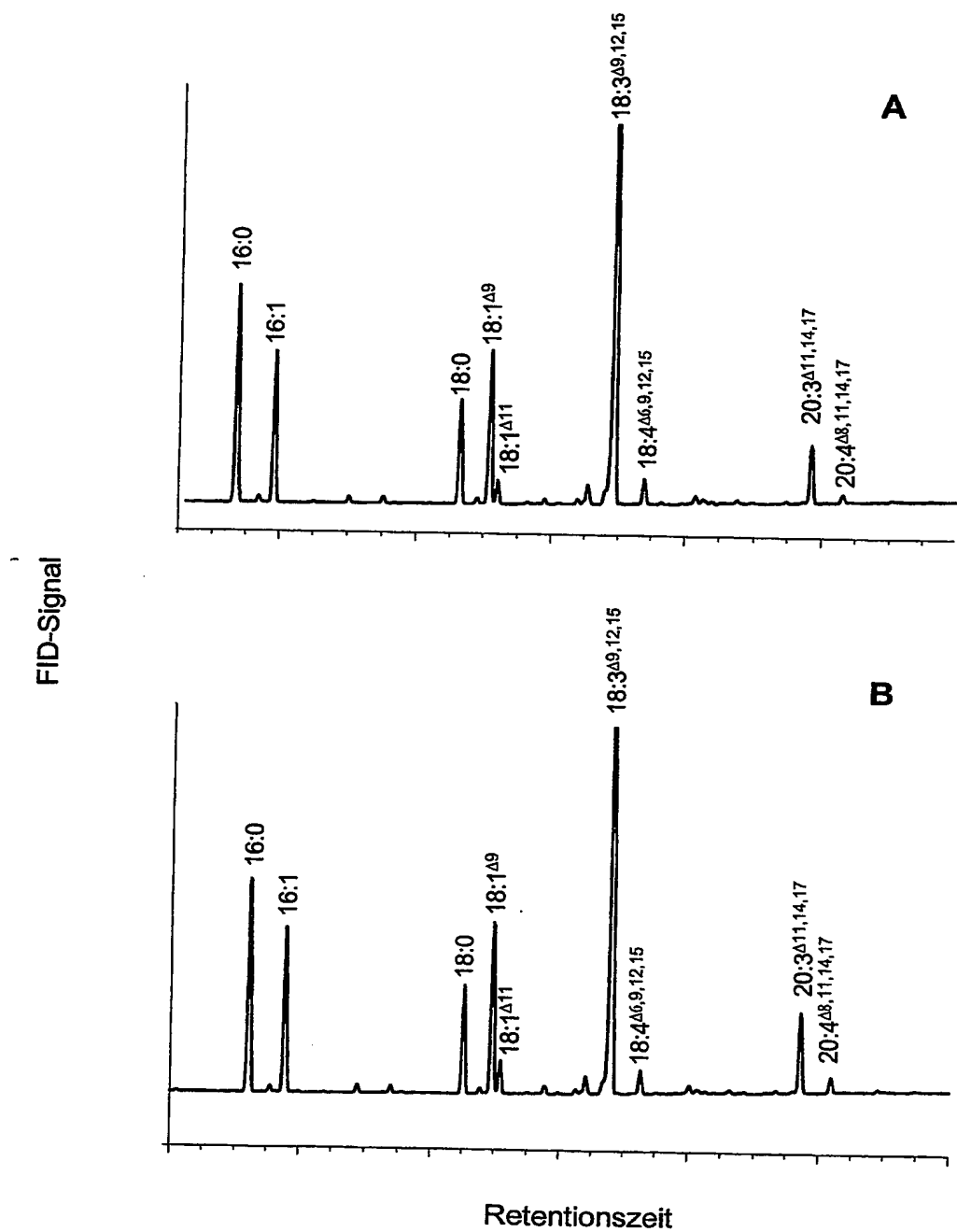
Figur 3: Fettsäureprofile von transgenen C13ABYS86 *S. cerevisiae*-Zellen



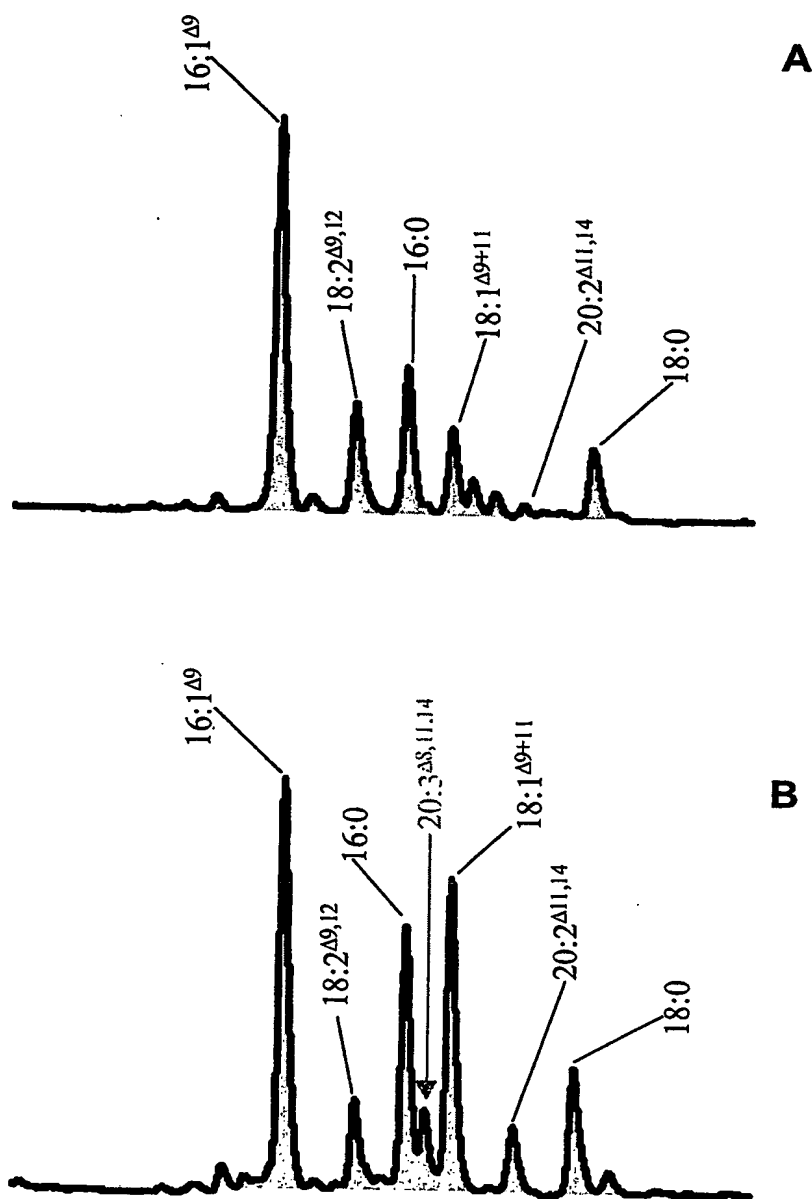
Figur 4: Elongation exogen applizierter $18:2^{\Delta 9,12}$ bzw. $18:3^{\Delta 9,12,15}$ im Anschluss an ihre endogene Δ -6-Desaturierung (Daten aus Fig. 2 und 3).



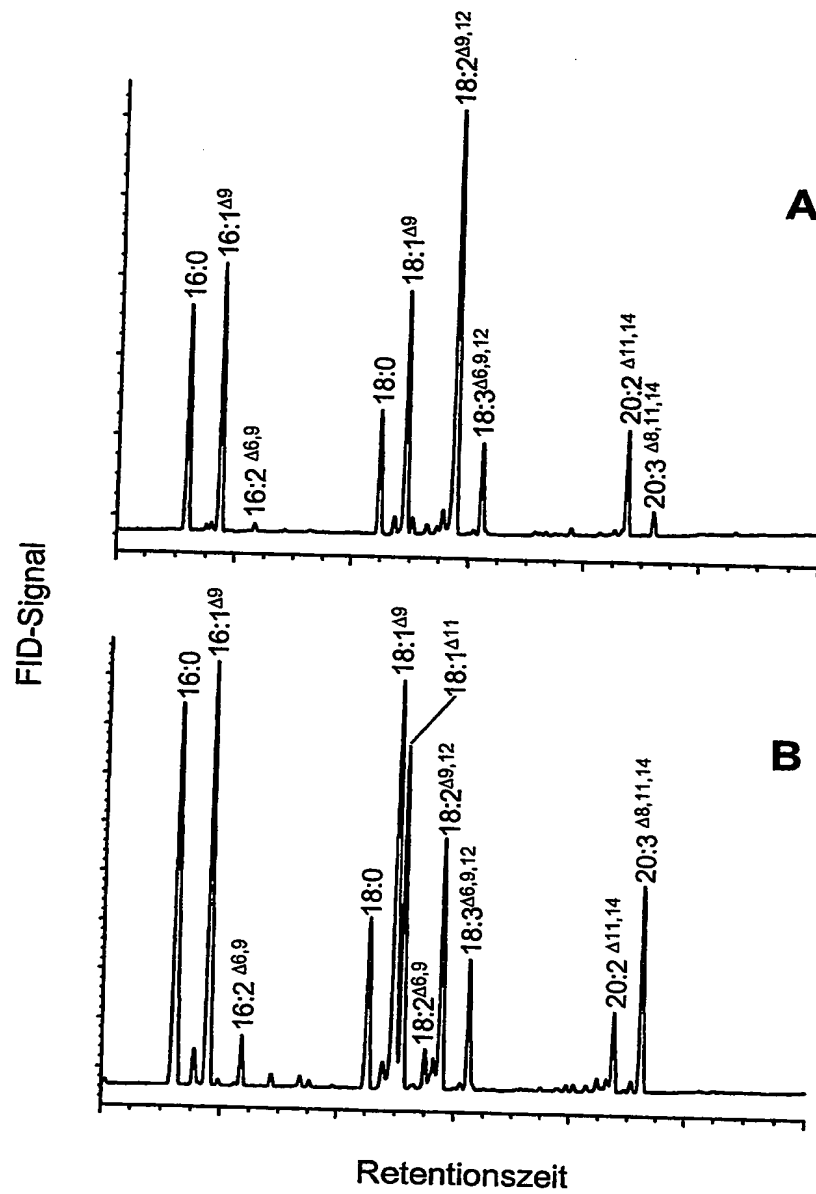
Figur 5: Fettsäureprofile von transgenen C13ABYS86 *S. cerevisiae*-Zellen



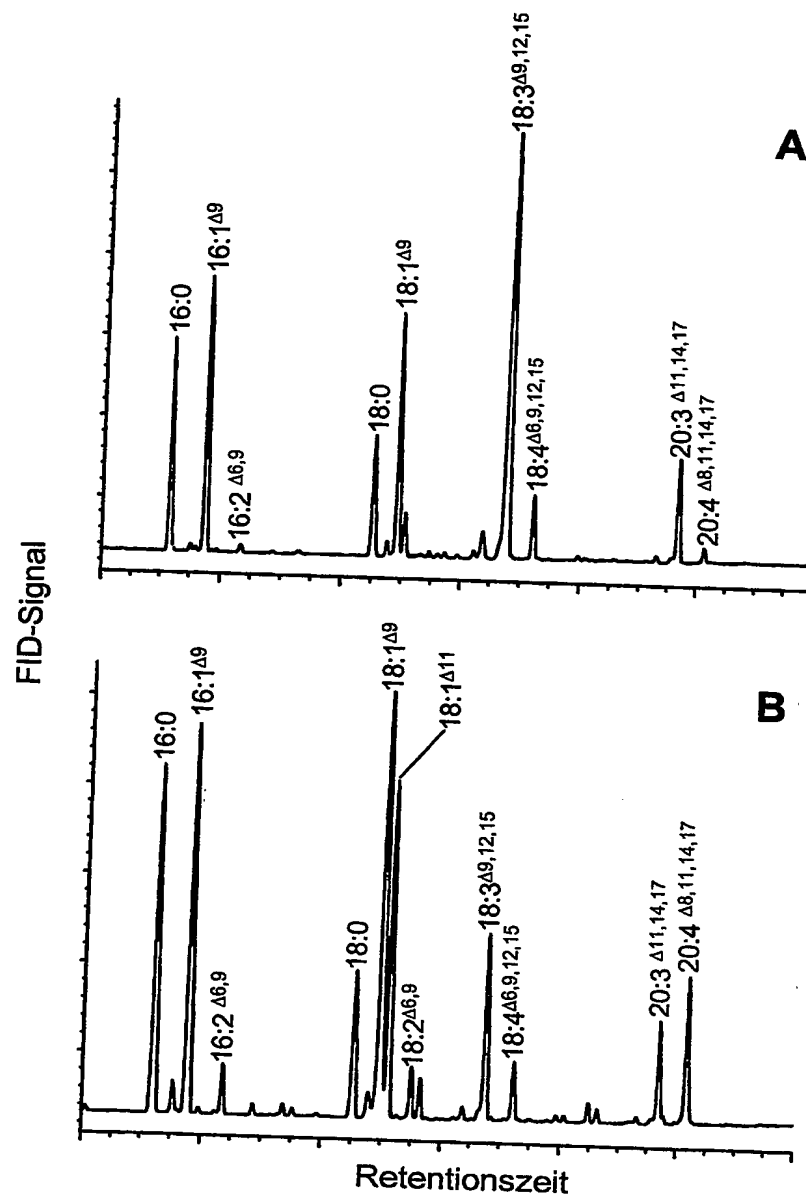
Figur 6: Acyl-CoA-Zusammensetzung transgener INVSc1 Hefen, die mit den Vektoren pESCLeu PpD6Pse1/pYes2 (A) oder pESCLeu-PpD6-Pse1/pYes2-T06E8.1 (B) transformiert worden waren.



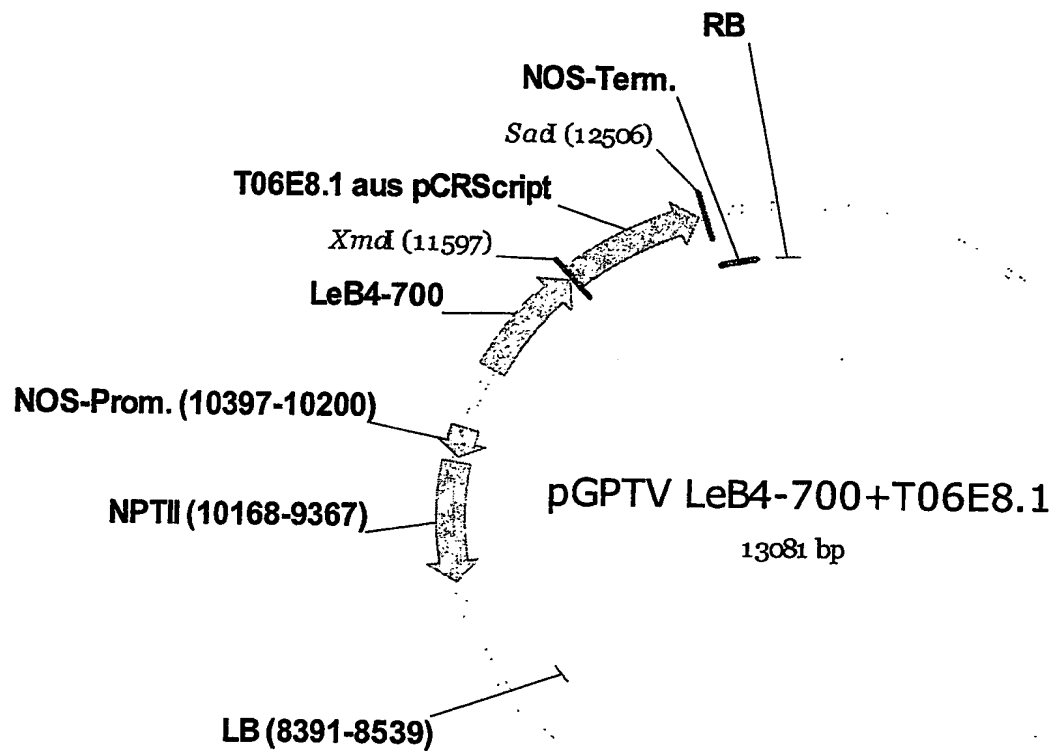
Figur 7: Fettsäure-Profile von transgenen INVSc1 *S. cerevisiae*-Zellen



Figur 8: Fettsäure-Profile von transgenen INVSc1 *S. cerevisiae*-Zellen.

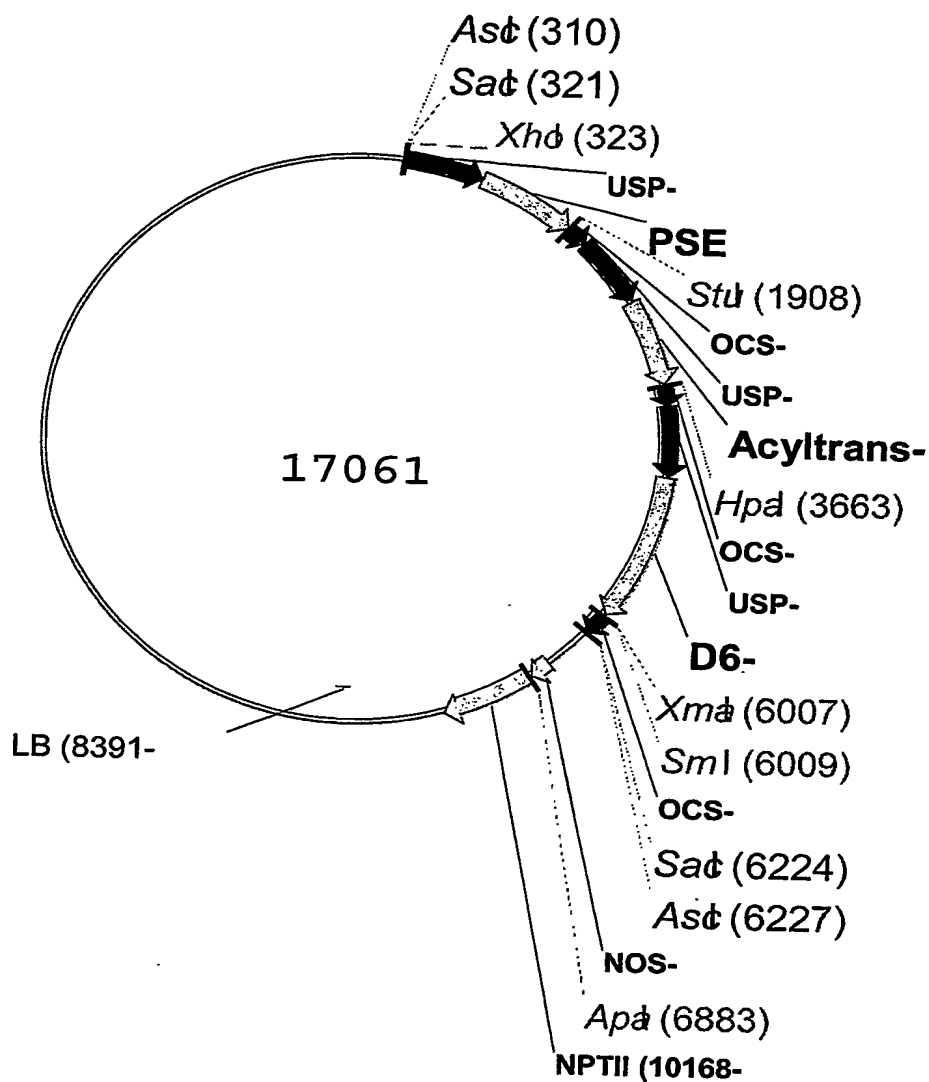


Figur 9A: Vektorkarte von pGPTV LeB4-700 + T06E8.1

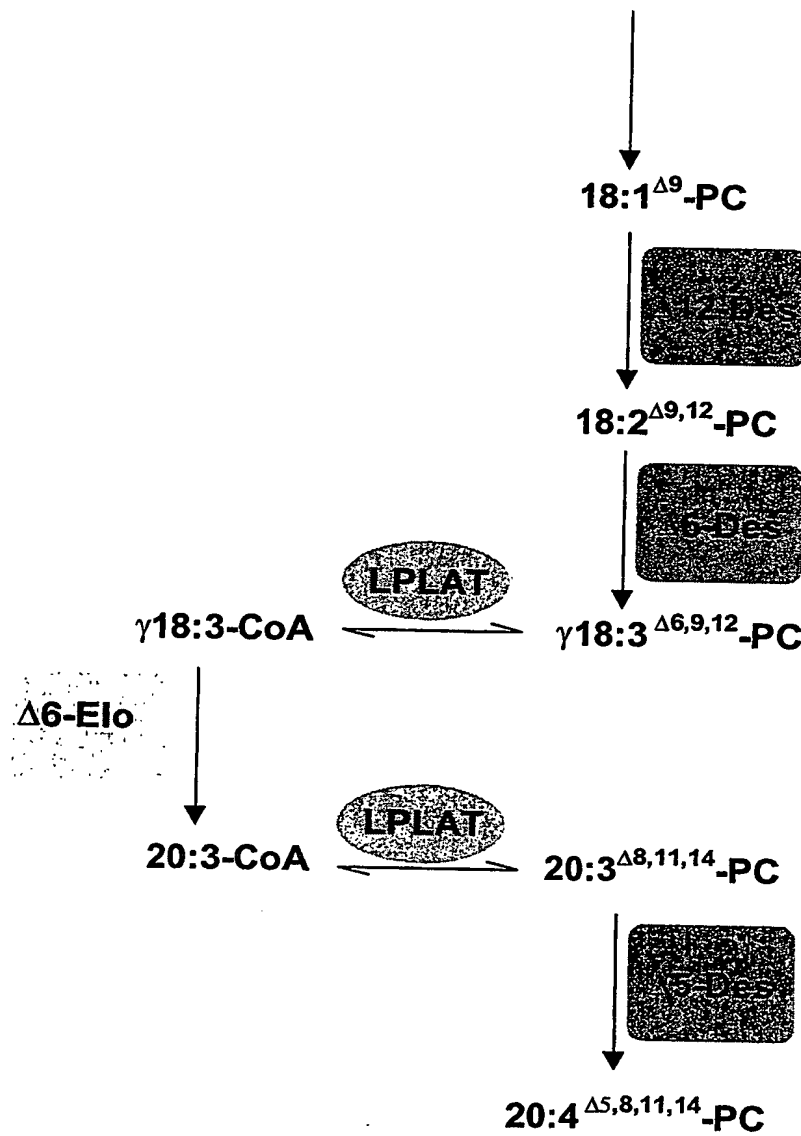


Figur 9B: Vektorkarte von pGPTV USP/OCS-1,2,3 PSE1(Pp)+D6-Des(Pt)+2AT (T06E8-1)

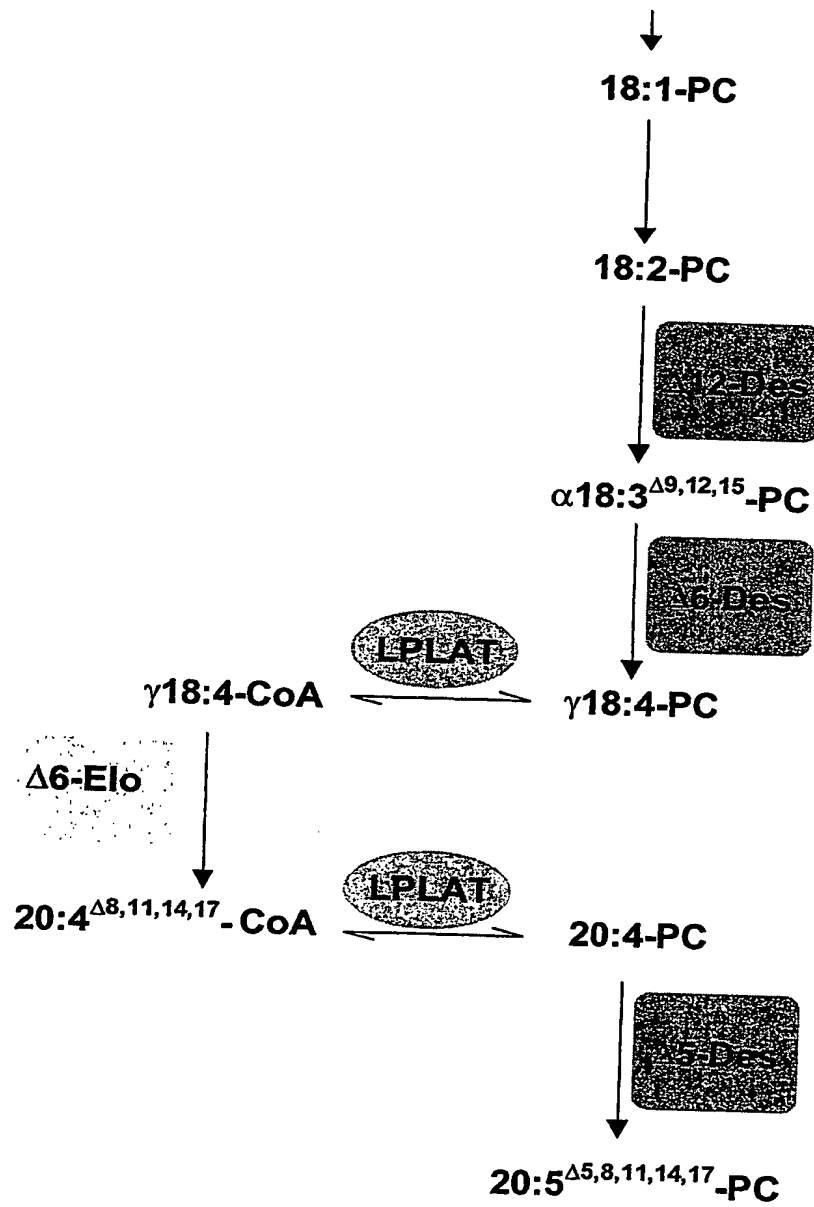
pGPTV/USP/OCS-1,2,3 PSE1(Pp) D6-Des(Pt)-2 AT(T06E8-1)



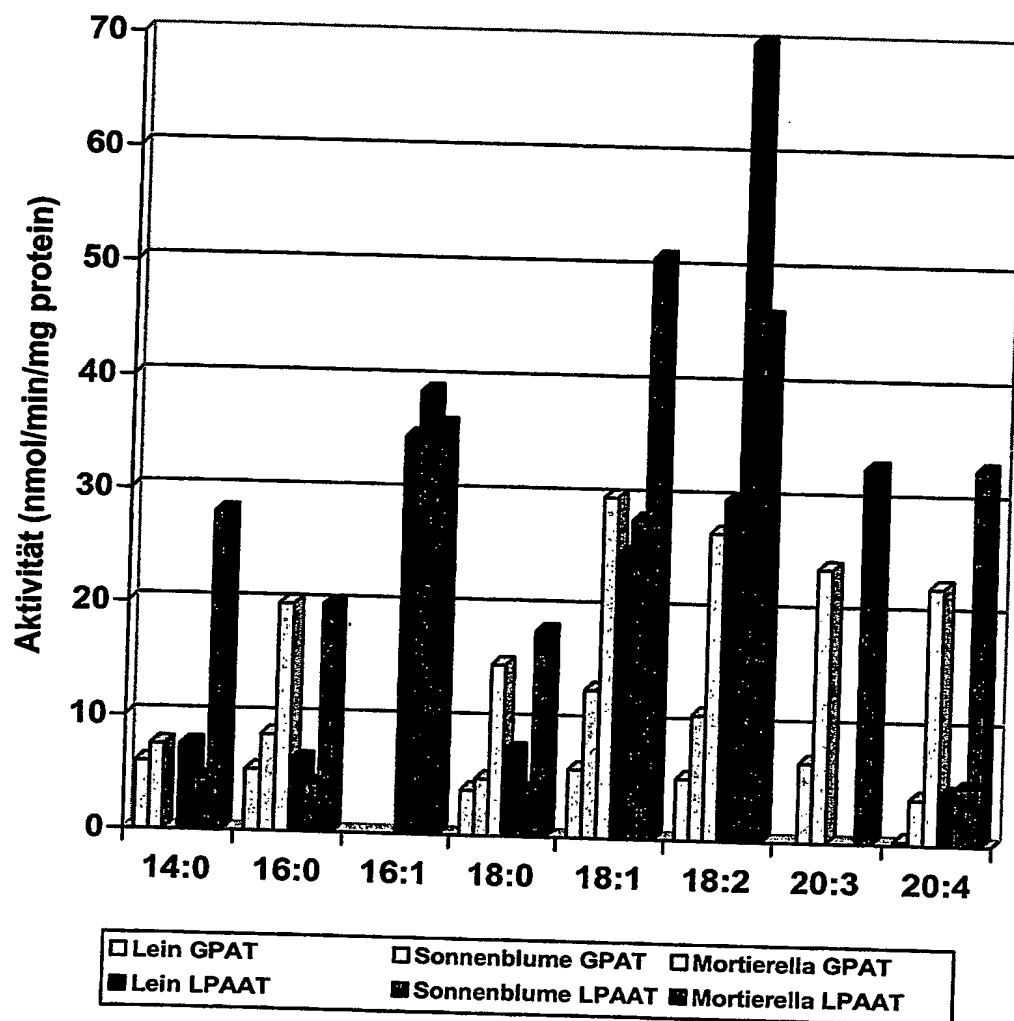
Figur 10A: Biosynthese-Weg von LCPUFAs



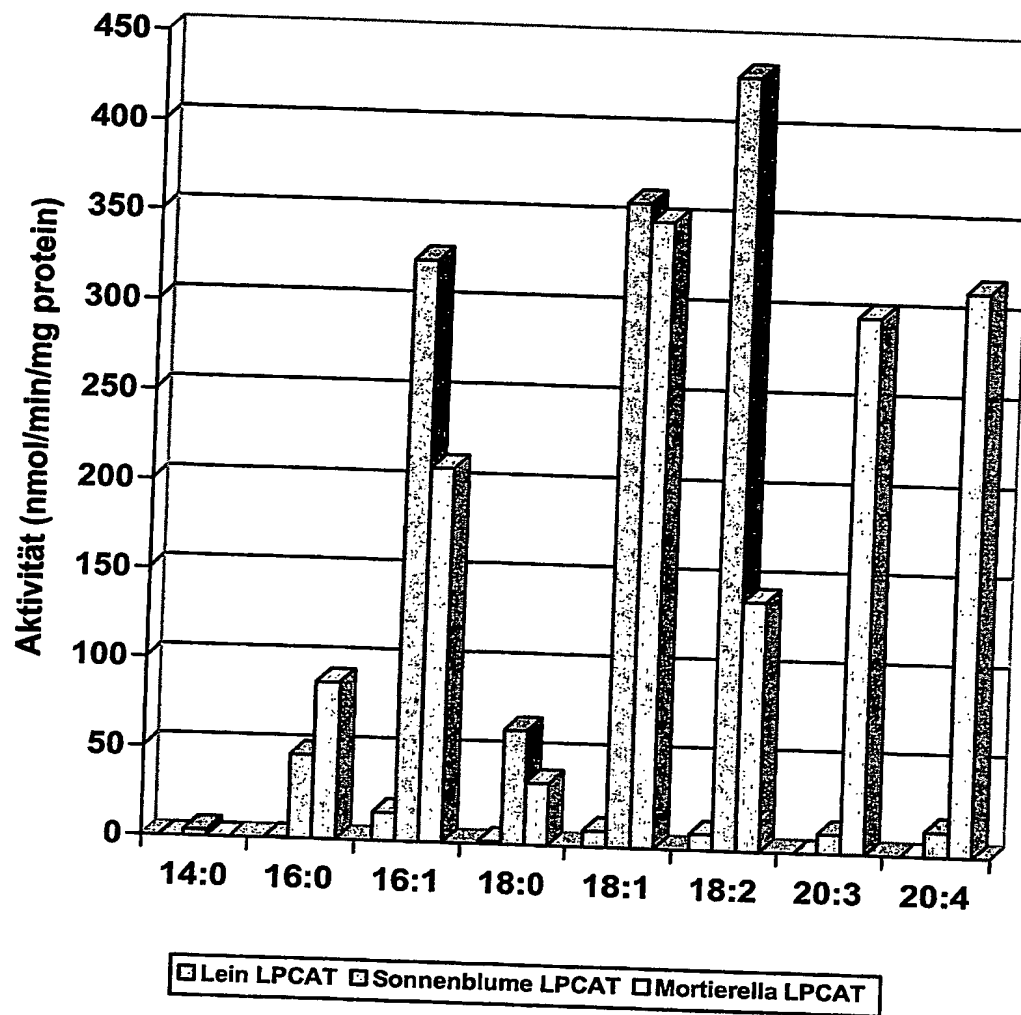
Figur 10B: Biosynthese-Weg von LCPUFAs



Figur 11: Vergleich von GPAT und LPAAT Substratspezifitäten in Lein, Sonnenblume und *Mortierella alpina*



Figur 12: Vergleich von LPCAT Substratspezifität in Lein, Sonnenblume und -
Mortierella alpina



Figur 13: Vergleich von SEQ ID NO: 2 mit Swiss-Prot Datenbank

	1	50
Q9JZ47	.....	MSSNKASFFTRL
Q9JU41	.....	MSSNKASFFTRL
Q59601	.....	MSSNKASFFTRL
Q9HW50	.....	MARLRLLLSARL
SEQ ID NO: 2	.....	MSAWTRAKTAVGL
O35259	METIMDDEVTKRTSABELESWNLLSRTNYNFQYISLRLTILWGLGVLR	Y
	51	100
Q9JZ47	RRLCRLAVWLFKTGKNLRGIDGG.CPESRNRAVIELGRGVLAALD.....	
Q9JU41	RRLCRLTVWLFKTGKNLRGIDGG.CPESRNRAVIELGRGVLAALD.....	
Q59601	RRLCRLTVWLFKTGKNLRGIDGG.CPKSRNRAVIALGKGALAALD.....	
Q9HW50	LGLVALGLGLAAWVSLRERLPGADVTPLRQRLTRWWLARLCAALP.....	
SEQ ID NO: 2	LTLAPARIVFLVTVLGTYGLTVAACRLGVPKSFVLGLTRCVARLTLWGL	
O35259	CFLPLRLIALAFTGIGLLVVGTTMVGYPNGRFKEFLSKHVHLMCYRICV	
	101	150
Q9JZ47	..IGLEVGRPAPEHPNG..VLVAANHVSWLDIFAMS.AVYPSSFIAKQEI	
Q9JU41	..IGLEVGRPAPEHPNG..VLVAANHVSWLDIFAMS.AVYPSSFIAKQEI	
Q59601	..IGLEVGRPAPEHPNG..VLVAANHVSWLDIFAMS.AVYPSSFIAKQEI	
Q9HW50	..FEVRVSGEAPRQP...MLWVANHVSWTDIPLL.G.ALAPLTFLSKAEV	
SEQ ID NO: 2	GFYHIEVSCDAQGLREWP.RVIVANHVSYLEILYFMSTVHCPSFVMKKT	
O35259	RALTAITYHNKRKNRPRNGGICVANHTSRIDVIFASDGYAMVGQVHGG	
	151	200
Q9JZ47	KSWPVLGKMGQONAGTVFINRNSRR.....	DIEPINRAVCETLQRGQ
Q9JU41	KSWPVLGKMGQONAGTVFINRNSRR.....	DIEPINRAVCETLQRGQ
Q59601	KSWPVLGKMGQONAGTVFINRNSRR.....	DIEPINRAVCETLQRGQ
Q9HW50	RAWPLAGWLAEKAGTLFIRRGSG.....	DSRLINQRLAEQLHRGR
SEQ ID NO: 2	LRVPLVGYIAMELGVIIVDREGGQSASAIIRDRVQEPDRDSSEKHHAQ	
O35259	LMGVIQRAMVKACPHVWFERSEVK.....	DRHLVAKRLTEHVQDKS
	201	250
Q9JZ47	..NVSFFPEARTSSGLGLLPFKAALFQSAIDAGAKVLAVALRYDETGKR	
Q9JU41	..NVSFFPEARTSSGLGLLPFKAALFQSAIDAGAKVLAVALRYDETGKR	
Q59601	..NVSFFPEARTSSGLGLLPFKAALFQSAIDAGAKVLAVALRYDETGKR	
Q9HW50	..NLLIFPEGTTTNGESLRTFHGRLMASALEAGVAVQPVASIRRDGVDP	
SEQ ID NO: 2	..PLLVFPEGTTTNGSCLLQFKTGAFR...PG.APVLPVVLEFPIDKARG	
O35259	KLPILIFPEGTCINNTSVMMFKKGSFEIG...ATVYPVAIKY..DPQFG	

	251	300
Q9JZ47	TARPSYADVGLPTCLWRIVSMKKLTIRVDFVCVADAAE.....	
Q9JU41	TARPSYADVGLPTCLWRIVSMKKLTIKVDFVCVADAAE.....	
Q59601	TARPSYADVGLPTCLWRIVSMKKLTIKVDFVCVADAAE.....	
Q9HW50	AQAPFIGDDDLLSHLGRLLRGERGSVHIQLLEPIPSQ.....	
SEQ ID NO: 2	DFSPAYESVHTPAHLRLMLAQWRHRLRVRYLPLYEPSAAEKVDADLYARN	
O35259	DAFWNSSKYGMVTYLLRMMTSWAIVCSVWYLPMTRE.....	
	301	349
Q9JZ47	...SEDRYALKDKIEESIRAVVADDADIIV.....	
Q9JU41	...SEDRYALKDKIEESIRAVVADDADIIV.....	
Q59601	...SEDRYALKDKIEESIRAVVADDADIIV.....	
Q9HW50	...GLDRAELARQAQQAVRLALFGTAAPTQTRRAA.....	
SEQ ID NO: 2	VRDEMARALKVPTVEQSYRDKLVYHADLMPHYQKAGPGALYLYVRPDLL	
O35259	.....KDEDAVQFANRVKSALARQEDW.....	

Figur 14: Vergleich von SEQ ID NO: 5 mit Swiss-Prot Datenbank

	1	50
Q9C9P8	MEVCGDLKSDNLKNRPLTPLRILRGLMILLVFLSTAFMFLLYFAPIAALG	
Q9SFJ1	MEVCGDLKSDNLKNRPLTPLRILRGLMILLVFLSTAFMFLLYFAPIAALG	
Q9LHN4	.....MEKKSVPNSDKLSLIRVLRGIICLMVLVSTAFMMLIFWGFLSAVV	
SEQ ID NO: 5	.....
Q9SDN3	.....
Q9XFW4	.....MAMAAVIVPLGILFFISGLVNVNLLQAVCYVLV	
	51	100
Q9C9P8	LRLLSVQQSRKVVSLIFGLWLALWPYLFETVNGTTVVFSGDIIP...VEK	
Q9SFJ1	LRLLSVQQSRKVVSLIFGLWLALWPYLFETVNGTTVVFSGDIIP...VEK	
Q9LHN4	LRLFSIRYSRKCVSFFPGSWLALWPFLEKINKTKVIFSGDKVP...CED	
SEQ ID NO: 5	.....MDVVKVIFAGDKVP...KEN	
Q9SDN3	.....MGKE	
Q9XFW4	RPMSKNTYRKINRVVAETLWLELVWIVDWAGVKIQVFADDET FNRMGKE	
	101	150
Q9C9P8	RVLLIANHRTEVDWMYLWNIALRKGCGLGYIKYVLKSSLMKLPFIGWGFGHV	
Q9SFJ1	RVLLIANHRTEVDWMYLWNIALRKGCGLGYIKYVLKSSLMKLPFIGWGFGHV	
Q9LHN4	RVLLIANHRTEVDWMYFWDLALRKQGIGNIKYVLKSSLMKLPFIGWAFHL	
SEQ ID NO: 5	RVVMCMNHRTEVDWMYIWNLAIRKGKIGYCKYAVKNSVKNLPLFGWAFV	
Q9SDN3	HALVISNHRSDIDWLVGWVLAQRSGCLGSSLAVMKSSKFLPVIGWSMWF	
Q9XFW4	HALVVCNHRSDIDWLVGWILAQRSGCLGSALAVMKSSKFLPVIGWSMWF	
	151	200
Q9C9P8	LEFIPVERKREVDEPVLLQMLSSFKDPQEPLWLALFPEGTDFTTECKKRS	
Q9SFJ1	LEFIPVERKREVDEPVLLQMLSSFKDPQEPLWLALFPEGTDFTTECKKRS	
Q9LHN4	FEFIPVERRWEVDEANLRQIVSSFKDPRDALWLALFPEGTDYTEAKCQRS	
SEQ ID NO: 5	FEFLMLHRKWEVDAPVIKTYIDSFQDKRDPLWL VVFPEGTD FSEAKRDTG	
Q9SDN3	SEYLFLEERSWAKDEGTLKSGVQRLKDFPQPFWLALFVEGTRFTQAKLLAA	
Q9XFW4	SEYLFLEERNWAKDESTLQSGLQRLNDFPRPFWLALFVEGTRFTEAKLAA	
	201	250
Q9C9P8	QKFAAEVGLPALSNVLLPKTRGFGVCLEVLHNSLDAVYDLTIAYKPRCP.	
Q9SFJ1	QKFAAEVGLPALSNVLLPKTRGFGVCLEVLHNSLDAVYDLTIAYKPRCP.	
Q9LHN4	KKFAAENGLPILNNVLLPRTKGFVSCLQELSCSLDAVYDVTIGYKTRCP.	
SEQ ID NO: 5	NAIGREKGYPELVNVLQPRTRGFVTCLSQSRCSLDAVYDLTIAYKTRCP.	
Q9SDN3	QEYAAATGLPVPRNVLI PRTKGFVTA VSMR SFAPAIYDVTVAIPKSSPA	
Q9XFW4	QEYAAASELPVPRNVLI PRTKGFVSAVSNMRSFVPAIYDMTVAIPKTSPP	

	251	300
Q9C9P8	SFMDNVFGTDPSEVHIHVRRVLLKEIPANEAESSAWLMDSFKLKDKLSD	
Q9SFJ1	SFMDNVFGTDPSEVHIHVRRVLLKEIPANEAESSAWLMDSFKLKDKLSD	
Q9LHN4	SFLDNVYGI EPSEVHIHRRINLTQIPNQEKDINAWLMNTFQLKDQLLND	
SEQ ID NO: 5	LFINNFGTDPSEVHIHRRIPISEIPQSEDGMTQWLYDLFYQKDQMLAS	
Q9SDN3	PTMLRRLFEGRPVVHVHIKRVMDLPETDEAVAQWCKDIFVAKDALLDK	
Q9XFW4	PTMLRRLFKGQPSVVHVHIKCHSMKDLPEPEDEIAQWCRDQFVAKDALLDK	
	301	350
Q9C9P8	FNAQGKFPNQRPEEELSVLKCIATFAGKQQQVTKPSCQKVFLLLNQSSDE	
Q9SFJ1	FNAQGKFPNQRPEEELSVLKCIATFAGKQQQVTKPSCQKVFLLLNQSSDE	
Q9LHN4	FYSNGHFPNEGTEKEFN TKYLINCLAVIAFTTICTHLTFSSMIWFRIY	
SEQ ID NO: 5	FSKTGSFPDSGIE.ESPLNIVEGVCNVALHVVL SGWVFWCLFHSVWLKLY	
Q9SDN3	HTVEQTFGQQQLKVTGRPLKSLLVVTAWACLLILGALKFLYWSSLLSSWK	
Q9XFW4	HIAADTFPGQKEQNIGRPIKSLAVVSWACLLTLGAMKFLHWSNLFSSWK	
	351	400
Q9C9P8	KESKKAVAQHPFTDTLDHLFQVEHSISCFLYMHIYNLSTCHLISLYE...	
Q9SFJ1	KESKKAVAQHPFTDTLDHLFQVEHSISCFLYMHIYNLSTCHLISLYE...	
Q9LHN4	VSLACVYLT SATHFNLSVPLVETAKNSLKLVNK.....	
SEQ ID NO: 5	VAFASLLLAFASTYFDWRPKPVYSSLR TKRKIV.....	
Q9SDN3	GIAFSALGLGVVTVLMQILIRFSQSERSTPAPVAPTNNKNKGESSGKPEK	
Q9XFW4	GIALSAFGLGIITLCMQILIRSSQSERSTPAKVAPAKPKDNHQSGPSSQT	
	401	
Q9C9P8	.....
Q9SFJ1	.....
Q9LHN4	.....
SEQ ID NO: 5	.....
Q9SDN3	QQ.....	
Q9XFW4	EVEEKQK	

Figur 15: Vergleich von SEQ ID NO: 35 mit Swiss-Prot Datenbank

	1	50
P04180	.....	MGP
Q08758	.....	MGP
Q9MZ04	.....	MGL
Q9DDJ6	.....	MGR
Q9Y2B3	.....	MGL
SEQ ID NO: 35	MCSISCGSTPQQLCHYRKSGELITRKSRAAIRWWRYGQQCKVLLPLDLIR	
	51	100
P04180	PGSPWQWVTLGLLGLLPP.....	AAPFWLLNVLFPPHTTPK
Q08758	PGSPWQWVPLLLGLLPP.....	AAPFWLLNVLFPPHTTPK
Q9MZ04	PGSPWQWVLLLELLLPFT.....	AAPFWLLNVLFPPHTTPK
Q9DDJ6	TGAGFALLTLLLLLPQP.....	ASQFWLFNVLFPPHTTPK
Q9Y2B3	HLRPYRVGLLPDGLLFL.....	LLMLLADPALP.....
SEQ ID NO: 35	SSSQFFIVVLTTLTFLFTTCGAVHTAAQDRSFATLSQRSRASLFSVGRAQ	
	101	150
P04180	AELSNHTRPVILVPGCLGNQLEAKLDKPDVVN.WMCYRKTEDEFTIWL	DL
Q08758	AELSNHTRPVILVPGCLGNQLEAKLDKPDVVN.WMCYRKTEDEFTIWL	DL
Q9MZ04	AELSNHTRPVILVPGCLGNQLEAKLDKPDVVN.WMCYRKTEDEFTIWL	DL
Q9DDJ6	APPTNSTPPVVLVPGCLGNQLEAKLDKPDVVN.WMCYRKTEDEFTIWL	NL
Q9Y2B3	...AGRHPVVLVPGDLGNQLEAKLDKPTVVH.YLCSKKTESYFTIWL	NL
SEQ ID NO: 35	ARNKHHLAPVVIVPGTGGNQLARLTADYEANKPWCYSFRKDYFRLWLDV	
	151	200
P04180	NMFLPLGVDCWIDNTRVVYNRSSGLVSNAPGVQIRVPGFGKTY	SVEYLD
Q08758	NMFLPLGVDCWIDNTRVVYNRSSGLVSNAPGVQIRVPGFGKTY	SVEYLD
Q9MZ04	NMFLPLGVDCWIDNTRVTYNHSSGRVSNAPGVQIRVPGFGKTY	PVEYLD
Q9DDJ6	NTFLPVGVDCWIDNTRVVYNRTSRKMSNAPGVHIRVPGFGKTY	SVEYLD
Q9Y2B3	ELLLPVIIDCWIDNIRLVYNKTSRATQFPDGVDRVPGFGKTF	SLEFLDP
SEQ ID NO: 35	KTLPFPFTTCFADRLSLDYNPQSDAYSNIKGVKTRVPFFGTTEGMEYLD	P
	201	250
P04180	SK..LAGYLHTLVQNLVNNGYVRDET	VRAAPYDWRLEPGQOE.....EYY
Q08758	SK..LAGYLHTLVQNLVNNGYVRDET	VRAAPYDWRLEPGQOE.....EYY
Q9MZ04	SK..LAGYMHTLVQNLVNNGYVRDET	VRAAPYDWRLEPGQOE.....EYY
Q9DDJ6	SK..LAGYLHTLVQNLVNNGYVRDQ	TVRAAPYDWRVGPQOE.....EYF
Q9Y2B3	SKSSVGSYFHTMVESLVGWGYTRGED	VRGAPYDWRRAPNENG.....PYF
SEQ ID NO: 35	SLKPLTGMIHLVNALKAHGYENGKS	LYGAPYDFRFPAGPHASNVALEYL

251 300
P04180 RKLGLVEEMHAAAYG.KPVFLIGHSLGCLHLLYFLLRQPQAWKDRFIDGF
Q08758 HKLAGLVEEMHAAAYG.KPVFLIGHSLGCLHLLYFLLRQPQAWKDRFIDGF
Q9MZ04 RDLARLVEEMHATYG.KPVFLIGHSLGCLHLLHFLHQPQSWKDRFIDGF
Q9DDJ6 QNLKALIEEMHDEYQ.QRVFLIAHSMGNLNVLYFLLQQRQAWKDQYIGGF
Q9Y2B3 LALREMIEEMYQLYG.GPVVLVAHSMGNMYTLYFLQRPQAWKDKYIRAF
SEQ ID NO: 35 KDLKDLIETAYSVNANEPVVILAHSMGGLWTLFFLNQQSMEWRNKYVSRF

301 350
P04180 ISLGAPWGGSIKPMLVLASGDNQGIPIIMSSIKLKEEQRITTTSPWMFPSR
Q08758 ISLGAPWGGSIKPMLVLASGDNQGIPIIMSSIKLKEEQRITTTSPWMFPSR
Q9MZ04 ISLGAPWGGSIKPMQVLASGDNQGIPIIMSSIKLKEEQRITTTSPWMFPSR
Q9DDJ6 ISLGAPWGGSVKPLRVLASGDNQGIPLMSNIKLREEQRMTTTTSPWMFPSR
Q9Y2B3 VSLGAPWGGVAKTLRVLASGDNNRIPVIGPLKIREQQRSAVSTSWLLPYN
SEQ ID NO: 35 VSVATPWGGAVEQMMTFASGNPEGVPFVNSLVVREEQRRSESNLWLLPVR

351 400
P04180 MAWPEDHVFISTPSFNNTGRDFQRFADLHFEEGWYMWLQ.SRDLLAGLP
Q08758 LAWPEHVFISTPSFNNTGRDFQRFADLHFEEGWYMWLQ.SRDLLAGLP
Q9MZ04 EVWPEHVFISTPSFNNTIRDYQRFVDVHFEEGWYMWLQ.SRDLLAGLP
Q9DDJ6 LAWPEHIFISTPSYNYTYRDYKQFFTDVNLEDGWYMWED.MKDLLKGLP
Q9Y2B3 YTWSPKVFVQPTPTINYTLRDYKFFQDIGFEDGWLMRQD.TEGLVEATM
SEQ ID NO: 35 RCFR.DRPLVITSSRNYTAGDMEQFLCDIGFPEGVAPYKSRIPLTDILQ

401 450
P04180 APGVEVYCLYGVLPTPRTYIYDHGFYPTDPVGVLYEDGDDTVATRST.E
Q08758 APGVEVYCLYGVLPTPRTYIYDHGFYPTDPVDVLYEDGDDTVATRST.E
Q9MZ04 APGVEVYCLYGVLPTPSTYIYDHDFFPYTDPDVLVLYEDGDNTVATRSME
Q9DDJ6 PPGVDTYCLYGTGYPTVETIYDEHFPYEDPVDMIYGDGDDTVNRRSS.E
Q9Y2B3 PPGVQLHCLYGTGVPTPDSFYYES.FPDRDPK.ICFGDGDGTVNLKSA.L
SEQ ID NO: 35 PPQVPVTLIHGYGVPTAETLSYEK.KGFDNHPEITEGDGDGTVNVCSLTA

451 500
P04180 LCGLWQGRQPQPVHLLPLHGIQHLNMVFSNLTLEHINAILLGAYRQGPPA
Q08758 LCGLWQGRQPQPVHLLPLRGIQHLNMVFSNQTLEHINAILLGAYRQGPPA
Q9MZ04 LCSQWQGRQPQPVHLLPLHRIQHLNMVFSNQTLEHINDILLGAYRHGNPV
Q9DDJ6 LCKRWRNQKQKVHIQELRGIDHLNMVFSNLTSSINEILLGSSQVGAGT
Q9Y2B3 QCQAWQSRQEHQVLLQELPGSEHIEMLANATTLAYLKRVLG.....
SEQ ID NO: 35 VVEEWERVAGQELEMIALHGKQHMQILHDDHSVQVIVDAILNVTPOEQLM

501 524
P04180 SPTASPEPPPPPE.....
Q08758 SLTASPEPPPPPE.....
Q9MZ04 PPAASPRPLTPE.....
Q9DDJ6 KEHGELGQMGALKSSLEAGRRGKN
Q9Y2B3
SEQ ID NO: 35 FH.....

Figur 16: Vergleich von SEQ ID NO: 23 mit Swiss-Prot Datenbank

	1	50
P10349	.....
Q9FEP9	.....MFILSSSSSTLPSAPPFSSSTTSIFLSFSRVSLPPSSSSLK...	
Q39639	MFILSAVSSSSSSSSSVPSLPPFSLSPSISLSFSRVSLPPSSSSSSSL	
Q9FEQ0	.....MFILSSSSSLPSPLSLSSSRVSLPPPSSSSLN..	
Q9M4V1	.....MLVPSALPRVSRSVSAARFSVSGVGSSPALSSRS	
SEQ ID NO: 23	.....MPSLFRAKRNGRRTPGNAVTN...	
	51	100
P10349	.....MAELIQDKESAQSAATAAAS	
Q9FEP9	..LLPLSLQFGPPKLAS.SCSLRFSASRAMAELIQDKESAQSAATAAAS	
Q39639	KLFLPLSLHFTTPPKLSSPHSFLRFSASRAMAELIQDKESAHTPSTTDVTR	
Q9FEQ0	..LLPLSPHFQPPNLAC...SCSVASRSTAELLHDFKHSHTAASADEAR	
Q9M4V1	CTSLDSSVRSSLRRCPCGIYTSRTKAVVEAVESKASAREWRSVAVKRAVLA	
SEQ ID NO: 23	.....FGKSEFH.....R..EIS...GSTRATTQVAEATTAGLRE	
	101	150
P10349	SGYERRNEPAHSRKFLDVRSEEELLSCIKKETEAGKLPPNVAAGMEELYQ	
Q9FEP9	SGYERRNEPAHSRKFLDVRSEEELLSCIKKETEAGKLPPNVAAGMEELYQ	
Q39639	N.....DPPHSRAFLDLRSEEELLS CIRRETEAGKLPSNVAAGMEELYQ	
Q9FEQ0	N.....HLPHSRAFLDVRSEQUELLSYIRREAEAGKLPSNVAAGMEELYQ	
Q9M4V1	SDTGAEVEVGHRSRSLRARSEELLSYIRKEVETGRLSSDIANGLEELY	
SEQ ID NO: 23	TIEDRAIDGHSHSFEGIQSEEELMQVIEKEVESGRLPKRAGAGMVELYR	
	151	200
P10349	NYRNAVIESGNPKADEIVLSNMTVALDRILLDVEDPFVFSHHKAIREPF	
Q9FEP9	NYRNAVIESGNPKADEIVLSNMTVALDRILLDVEDPFVFSHHKAIREPF	
Q39639	NYKNAVFESGNPKADEIVLSNMTVALDRILLDVEDPFMFSPHHKAIREPF	
Q9FEQ0	NYKNAVLKSGNPKADEIVLSNMTVALDRILLDVEEPFVFSPHHKAVREPF	
Q9M4V1	NYRNAVLQSGDPRANKIILSNMAVAFDRILLDVEDPFTFSPHHQAIREPF	
SEQ ID NO: 23	NYRDAVVSSGVENAMDIVVKVMSTVLDRIILQFEPEPFTFGSHHKRMVEPY	
	201	250
P10349	DYYIFGQNYIRPLIDFGNSFVGNLSLFKDIEEKLQQGHNVVLISNHQTEA	
Q9FEP9	DYYIFGQNYIRPLIDFGNSFVGNLSLFKDIEEKLQQGHNVVLISNHQTEA	
Q39639	DYYTFGQNYVRPLIDFENSFVGNLSLFKDIEEKLHQGHNVVLISNHQTEA	
Q9FEQ0	DYYTFGQNYVRPLIDFGNSFVGNPFLFKDIEEKLHQGHNVVLISNHQTEA	
Q9M4V1	DYMFQGQNYIRPLIDFRRSYIGNISIFS DMEEKLQQGHNVVLMSNHQTEA	
SEQ ID NO: 23	DYYTFGQNYVRPLIDFRNSYLGNLKIFDQIEKNLKEGHNVIFLSNHQTEA	

	251	300
P10349	DPATISLLEKTNPYIAENTIFVAGDRVLADPLCKPFSIGRNLICVYSKK	
Q9FEP9	DPATISLLEKTNPYIAENTIFVAGDRVLADPLCKPFSIGRNLICVYSKK	
Q39639	DPATISLLEKTNPYIAENMIYVAGDRVIADPLCKPFSIGRNLICVYSKK	
Q9FEQ0	DPATISLLEKTSPIYAENMIYVAGDRVIDPLCKPFSIGRNLICVYSKK	
Q9M4V1	DPATIALLLERTNSHIAETMVVFVAGDRVLTDPCKPFSMGRNLLCVYSKK	
SEQ ID NO: 23	DPAVMALLLEHSHPYLAENLTYVAGDRVLDPFCKPFSMGRNLLCVYSKK	
	301	350
P10349	HMFDIPELTETTKRKANTRSLKEMALLLRGGSQLIWIAPSGGRDRPD PSTG	
Q9FEP9	HMFDIPELTETTKRKANTRSLKEMALLLRGGSQLIWIAPSGGRDRPD PSTG	
Q39639	HMLDIPELAETKKRKANTRSLKEMALLLRGGSQLIWIAPSGGRDRPD PSTG	
Q9FEQ0	HMFDIPELAETKKRKANTRSLKEMALLLRGGSQLIWIAPSGGRDRPD PSTG	
Q9M4V1	HMDDVPELIEMKRRANTRSLKEMALLLRGGSQIIWIAPSGGRDRPD PSTG	
SEQ ID NO: 23	HIHDVPDLAEMKIKANAKTLRQMTILLRQGGQYYG.....	
	351	400
P10349	EWYPAPFDASSVDNMRRLIQHSDVPGHLFPLALLCHDIMPPPSQVEIEIG	
Q9FEP9	EWYPAPFDASSVDNMRRLIQHSDVPGHLFPLALLCHDIMPPPSQVEIEIG	
Q39639	EWYPAPFDASSVDNMRRLLQHSGAPGHLIPLALLCYDIMPPPSQVEIEIG	
Q9FEQ0	EWLPAPFDASSMDNMRRLIQHSGVPGHLCPLALLCYDIMPPPSKVEIEIG	
Q9M4V1	EWHPAPFDVSSVDNMRRLVEHSSVPGHIYPLSLLCYEVMPPPPQQVEKQIG	
SEQ ID NO: 23	.....
	401	450
P10349	EKRVIAFNGAGLSVAPEISFEEIAATHKNPEEVREAYSKALFDSVAMQYN	
Q9FEP9	EKRVIAFNGAGLSVAPEISFEEIAATHKNPEEVREAYSKALFDSVAMQYN	
Q39639	EKRVISFNGTGLSVGPEISFDEIAASRDNPDEVREAYSKALYDSVAKQYN	
Q9FEQ0	EKRVISFNGVGLSLAPAISFEAIAATHRNPDEAREAYSKALFDSVSMQYN	
Q9M4V1	ERRTISFHGVGLSVAPELNFNELTAGCETPEEAKEAFSQALYNSVGEQYN	
SEQ ID NO: 23	.....
	451	476
P10349	VLKTAISGKQGLGASTADVLSLQPW.	
Q9FEP9	VLKTAISGKQGLGASTADVLSLQPW.	
Q39639	VLKAAIDGKQELEASVADVLSLQPWI	
Q9FEQ0	VLKAAIYGRQALRASTADVLSLQPWI	
Q9M4V1	VLKSAIHEHRLNASNSIISLSQPWQ	
SEQ ID NO: 23	.....

Figur 17: Vergleich von SEQ ID NO: 27 mit Swiss-Prot Datenbank

	1	50
SEQ ID NO: 27	MEGGGSIIALPLGLMFLFSGFFINILQLLSVLFILPFSRRAYRVVNMIMM	
Q9XFW4	.MAMAAVIVPLGILFFISGLVNNLLQAVCYVLRPMSKNTYRKINRVVA	
Q40119	MAIPAAAFIVPISLLFFMSGGLVNNFIQAVFYVLRPISKDTYRRINTLVA	
Q9SDN3	.....
Q41745	MAIPLVLVLEPLGLLFLLSGLIVNAIQAVLFTIRPFSSKSFYRRINRFLA	
Q9SYC8	MKIPAAALVPFIPVGVLFLISGLIVNIIQLVFFIIVRPFSRSLYRRINKNVA	
	51	100
SEQ ID NO: 27	EVLWSELIWLLDWWANVKVKVYTPKESWEHLGKEHALLICNHRSDIDWL	
Q9XFW4	ETLWLELVWIVDWWAGVKIQVFADDETFNRMGKEHALVVCNHRSDIDWL	
Q40119	ELLWLELVWVIDWWAGVKVQLYTDTESFRIMGKEHALLICNHRSDIDWLI	
Q9SDN3	.....MGKEHALVISNHRSDIDWL	
Q41745	ELLWLQLVWVVDWWAGVKVQLHADEETYSRMGKEHALIISNHRSDIDWLI	
Q9SYC8	ELLWLQLIWLFDWWACIKINLYVDAETLELIGKEHALVLSNHRSDIDWLI	
	101	150
SEQ ID NO: 27	GWIIAQRGCLGGTRAVMKKSTKFLPVIGWSMWFSEYVFLSRDWAKDEKV	
Q9XFW4	GWILAQRSGCLGSALAVMKKSSKFLPVIGWSMWFSEYLFERNWAKDEST	
Q40119	GWVLAQRGCLGSSSIAMKKSSKFLPVIGWSMWFSEYLFERNWAKDENT	
Q9SDN3	GWVLAQRSGCLGSSLAVMKKSSKFLPVIGWSMWFSEYLFERSWAKDEGT	
Q41745	GWILAQRSGCLGSTLAVMKKSSKFLPVIGWSMWFSEYLFERSWAKDEKT	
Q9SYC8	GWVMAQRVGCLGSSLAIMKKEAKYLPPIIGWSMWFSDYIFLERSWAKDENT	
	151	200
SEQ ID NO: 27	LKNGYSSLKGFPRTLWVALFVEGTRFTKAKLEAAQKFAADTGLRVPRHVL	
Q9XFW4	LQSGLQRLNDFPRPFWLALFVEGTRFTKAKLAAQEQYAASSELPVPRNVL	
Q40119	LKSGLQRLNDFPKPFWLALFVEGTRFTKAKLLAAQEQYAASAGLPVPRNVL	
Q9SDN3	LKSGVQRLKDFPQPFWLALFVEGTRFTQAKLLAAQEQYAAATGLPVPRNVL	
Q41745	LKWGLQRLKDFPRPFWLALFVEGTRFTPAKLLAAQEQYAASQGLPAPRNVL	
Q9SYC8	LKAGFKRLEDFPMTFWLALFVEGTRFTQEKLEAAQEQYASIRSLPSPRNVL	
	201	250
SEQ ID NO: 27	VPRTKGFVSAVENLREFVPVVDYMTVAISKELPNPTMIRIFRGQPSVVHV	
Q9XFW4	IPRTKGFVSAVSNMRSFVPAIYDMTVAIPKTSPPPTMLRLFKGQPSVVHV	
Q40119	IPRTKGFVSAVSNMRSFVPAIYDLTVAIPKTTEQPTMLRLFRGKSSVVHV	
Q9SDN3	IPRTKGFVTAVSQMRSFAPAIYDVTVAIPKSSPAPTMLRLFEGRPVVHV	
Q41745	IPRTKGFVSAVSIMRDFVPAIYDTTIVIPKDSQPPTMLRILKGQSSVIHV	
Q9SYC8	IPRTKGFVSAVSEIRSFVPAIYDCTLTVHNNQPTPTLLRMFSGQSSEINL	

251 300
SEQ ID NO: 27 HVRRVPMSDLPEGANAISKWCHDAFHKDDRLEQHEKENTFGEDLYIPIE
Q9XFW4 HIKCHSMKDLPEPEDEIAQWCRDQFVAKDALLDKHIAADTFPGQKEQNIG
Q40119 HLKRHLMKDLPKTDDGVAQWCKDQFISKDALLDKHVAEDTFSGLEVQDIG
Q9SDN3 HIKRHVMRDLPETDEAVAQWCKDIFVAKDALLDKHTVEQTFGDQQLKVTG
Q41745 RMRHAMSEMPKSDEDEVSKWCKDIFVAKDALLDKHLATGTFD.EEIRPIG
Q9SYC8 QMRRHKMSSELPETDDGIAQWCQDLFITKDAQLEKYFTKDVFSLELVHQIN

301 350
SEQ ID NO: 27 RPLKPLIIVISWAITLLAAAWFLRR..VLSTWKGIWVAGVLVVVMLCV
Q9XFW4 RPIKSLAVVSWACLLTLGAMKFLHWSNLFSSWKGIASAFGLGIITLCM
Q40119 RPMKSLVVVSWMCLLCLGLVKFLQWSALLSSWKGMMITTFVLGIVTVLM
Q9SDN3 RPLKSLLVVTAWACLLILGALKFLYWSSLLSSWKGIASALGLGVVTVLM
Q41745 RPKVKSLLVTLFWSCLLLFGAIEFFKWTQLLSTWRGVAF TAAGMALVTGVM
Q9SYC8 RPIKPLIVVLIWLGFLVFGGFKLLQWLSIVASWKIILLFVFFLVIATITM

351 391
SEQ ID NO: 27 QILVMSSQSERSSDPAAKKANQQAASVAHLGKTD.....
Q9XFW4 QILIRSSQSERSTPAKVAPAKPKDNHQSGPSSQTEVEEKQK
Q40119 HILIRSSQSEHSTPAKTRARQTAENPK.....
Q9SDN3 QILIRFSQSERSTPAPVAPTNNKNKGESSGKPEKQQ.....
Q41745 HVFIMFSQAERSSSARAARNRVKKE.....
Q9SYC8 QILIQSSESQRSTPAKRPLQEQQLISA.....

Figur 18: Vergleich von SEQ ID NO: 8 mit Swiss-Prot Datenbank

	1	50
SEQ ID NO: 8	MESTADVGMSSDDDPILLNGLETPLLAEFPLGERPTIGPEAPVNPFFHEPDG	
P42322	.....
Q9NKG7	.....
Q9XFJ4	.....MGQREDIRTLSTNEYEVTDIPRRGGLSVVRRGTRRRRTLHSGQHHE	
O35259	.....
Q9FF57	.....

	51	100
SEQ ID NO: 8	GWKTNNNEWNYFQMMKSILLIPLLLVRLVSMITIVAFGYVWIRICLIGVTD	
P42322	.....
Q9NKG7	.....
Q9XFJ4	VVAIKTLR.RFGPPPAPEKKSILNKSVPQAALISETLLTNELLVMIKIVE	
O35259	.....METIMDDEVTKRTSAEELESWNLLSRTNYN.	
Q9FF57	.....MIEQLGLIIMGLIHYQSERVKPREWLKLSSENSR	

	101	150
SEQ ID NO: 8	PLFKPFNPCCRFLWGIRLVARAVMFTMGYYYIPIKGPAPHRSEAPIIVS	
P42322	.....
Q9NKG7	.....
Q9XFJ4	DVSPHPNVIHLVDVCEDPGSHLLELCSGGELFDRIAGQARYNEEGAAA	
O35259	...FQYISLRLTILWGLVLIKYCFLLPLRIALFTGIGLLVVGTTMVG	
Q9FF57	LG.NTKTNHRRSETGDVSYEQRDLLDISPTLTAAGAIVDFHCFTCRCF	

	151	200
SEQ ID NO: 8	NHIGFLDPIFVFYRHLPAIVSAKENVEMPIIGLFLQALQIIPVDRTDAQS	
P42322	.....
Q9NKG7	.....
Q9XFJ4	VVRQIAKGLEALHGASIVHRDLKPENCLFLNKDENSPLKIMDFGLSSIED	
O35259	LPNGRFKEFLSKHVLHCYR.....	
Q9FF57	TLAFGWIIIFLSLFIPVNALLK.....	

	201	250
SEQ ID NO: 8	RHHAAGNVRRRAVDNMWVHMLFPQGTITNGRAIIAFKTGAFSPGLFPVQP	
P42322	.....
Q9NKG7	.....
Q9XFJ4	FANPVVGLFGSIDVVSPEALSREKITTKSIDIWSLGVILYILLSGYPPFIA	
O35259	.....
Q9FF57	.....GQDRLRKKIER	

251 300
SEQ ID NO: 8 MVIRYPHKYVNP SWCDQGGPLVVVLQ LMTQFINHMEVEYLPVMKPTVREM
P42322
Q9NKW7
Q9XFJ4 PSNRQKQOMILNGQFSFDEKTWKNISSSAKQLISSLLKVDPNMRPTAQEI
O35259 ICVR.ALTAIITYHN.....
Q9FF57 VLVEMICSFFVASWTG.....

301 350
SEQ ID NO: 8 KYPHEFASRVSEMAKALGIVCTEHSFLD...IKLALAAEKLKQPSGRSL
P42322MGINTSSLRP
Q9NKW7MGN
Q9XFJ4 LEHPWVTGDLAQEQMDAEIVSRLQSFNARRKFRAAAMASILSSSFSRLT
O35259RKNRPRN.....GG
Q9FF57VVKYHGPRPSIRP...KQ

351 400
SEQ ID NO: 8 VEFARMEKLFRLDFPTAKEYLEKFSAMDRTHSGF..VTFEELCTALDLP.
P42322 EEVEEMQKGTNFTQKEIKKLYKRFKKLDKDGNGT..ISKDEFLMIPELA.
Q9NKW7 ENSLPMELCSNFDPDEIKRLGKRFRKLDLDNSGS..LSVDEFMTLPELQ.
Q9XFJ4 KKLKLVGSYDLKPEELENLSHNFKKICKNGENSTLLEFEEVLKAMEMSS
O35259 ICVANHTSRIDVIFASDGYAMVGQVHGGLMGVIQRAMVKACPHVWFE.
Q9FF57 VYVANHTSMIDFIVLEQMTAFVIMQKHPGWVGLLQSTILESVCIWFN.

401 450
SEQ ID NO: 8 RSPITKQVFNLFDKDGHGSINFREFLAGLAFVSSHTSFSSTMEAAFKACD
P42322 VNPLVKRVISIFDENGDSVNFKEFIAALSVPNAQGDQQRKLEFAFKVYD
Q9NKW7 QNPLVQRVIDIFDIDTGNGEVDKFEFIEGVSQFSVKGDKLSKLRFAFKIYD
Q9XFJ4 LVPLAPRIFDLFDNNRDGTVDMRIIGGFSSSLKYSQGD.DALRLCFQVYD
O35259 RSEVKDRHLVAKRLTEHVQDKSKLPILIFPEGTCINNT.SVMMFKKGSFE
Q9FF57 RSEAKDREIVAKKLRDHVQGADSNPLLIFPEGTCVNNN.YTVMFKKGAFE

451 500
SEQ ID NO: 8 VNGDGTLSRDEVERSLLDIFFELPPI.....TVFKLFDTL DINHDEKIS
P42322 IDGDGYISNGELFTVLKMMVGNNLSD.VQLQQIVDKTILEADEDGDGKIS
Q9NKW7 MDKDGYSNGELFQVLKMMVGNNLKD.TQLQQIVDKTIIHADADGDGKIS
Q9XFJ4 TDRSGCISKEEVESMLRALPEDCLPINITEPGKLDEIFDLMDANS DGKVT
O35259 IGATVYPVAIKYDPQGFDAFWNSSKYG.....MVTYLLRMMTSWAIVCSV
Q9FF57 LDCTVCPIAIKYNKIFVDAFWNSRKQS.....FTMHLLQLMTSWAVVCEV

	501	550
SEQ ID NO: 8	WEEFSSFLQRNP EYLAI I IYAHPTLLKPPTSTS.....	
P42322	FEEFAKTLSHQDLENKMTIRL.....	
Q9NKN7	FEEFCVVGNMDVHKMVDV.....	
Q9XFJ4	FDEFKAAMQRDSSLQDVVLSSLRPN.....	
O35259	WYLPMTREKDEDVQFANRVKSAIARQEDW.....	
Q9FF57	WYLEPQTIRPGETGIEFAERVDMISLRAGLKKVPWDGYLKYSRPSPKHS	

	551	568
SEQ ID NO: 8	
P42322	
Q9NKN7	
Q9XFJ4	
O35259	
Q9FF57	ERKQQSFAESILARLEEK	

Figur 19: Vergleich von SEQ ID NO: 10 mit Swiss-Prot Datenbank

	1	50
Q24214	.....
P28470	.....
SEQ ID NO: 10	MTSTENTAMFTEDTSTLNGSTEANHAEFPLGERPTIGPEPPVNPFFHESST	
O35259	.....METIMDDEVTKRTSAEEL	
Q9XFJ4	MGQREDIRTLNSNEYEVDIPRRGGLSVVRGTRRRRTLHSGQHHEVVAIKT	
	51	100
Q24214	.....
P28470	.....
SEQ ID NO: 10	WSIQVIKTILLVPLLVIIRLLSMFALMMLGYICVKVAMIGCKDPLFKPFN	
O35259	ESWNLLSRTNYNFYISLRLTILWGLGVILIRYCFLLP.....	
Q9XFJ4	LRRFGPPPAPPEKKSLNKS RVPQAALIS ETLT NELLVMIKIVEDVSPHPN	
	101	150
Q24214	.....
P28470	.....
SEQ ID NO: 10	PLRRLLLVSVRLIARGVMVAMGYYYILVKGKPAHRSVAPIIVSNHIGFVD	
O35259	.....LRIALFTGIGLLVVG.....TTMVG...	
Q9XFJ4	VIHLYDVCEDPSGVHLILELCSGGELFDRIAGQARYNEEGAAAVVRQIAK	
	151	200
Q24214	.....
P28470	.....
SEQ ID NO: 10	PIFVFYRHLPVIVSAKEIVEMPIIGMFLOALQIIPVDRINPASRHHAGN	
O35259	.....YLPNGRFKEFLSKH....	
Q9XFJ4	GLEALHGASIVHRDLKPENCLFLNKDENSPLKIMDFGLSSIEDFANPVVG	
	201	250
Q24214	.....
P28470	.....
SEQ ID NO: 10	IRRRAMDNEWPHVMLFPEGTTNGKALISFKTGA FSPGLPVQPMVIKYPH	
O35259	.....VHLMCYR.....	
Q9XFJ4	LFGSIDYVSPEALSREKITT KSDIWSLGVILYILLSGYPPFIAPSNRQKQ	
	251	300
Q24214	.....
P28470	.....
SEQ ID NO: 10	KYVNPWCNQGGLPVILFQLMTQFVN YMEVEYLPVMTFNVHEIKNPHEFA	
O35259	.....ICVR.....ALTAITYHN RK	
Q9XFJ4	QMILNGQFSFDEK TWKNISSAKQLISSLLKVDPNMRPTAQEILEHPWVT	

	301		350
Q24214	.....	MGNETS	SLPME
P28470	.....	GNEASY	HSSE
SEQ ID NO: 10	NRVRTEMAKALGVVCTEHNF...LDIKLKMAAEK	LKQPSGRSL	VEFARME
O35259	NRPR.....	N.....	GGICVANHT
Q9XFJ4	GDLAKQEQMDAEIVSRLQSFNARRKFRAAAMASILSSSF	SLR	TKKLKLV
	351		400
Q24214	MCSNFDADAIRRLGKRFRKLDLD..NSGALS	VDEFMSL	PELQ.QNPLVQR
P28470	MGTHFDHDEIKRLGRSFKKMDLD..KSGSL	SDEFMSL	PELQ.QNPLVGR
SEQ ID NO: 10	KLFRLDYSKAQEYLEKFSAMDPS..HSGYVTY	DEFLKALHLP	.PTQITEQ
O35259	SRIDVIIIFASDGYAMVGQVHGG..LMGVIQ	RAMVKACPHVW	.FERSEVK
Q9XFJ4	GSYDLKPEELENLSHNFKKICKNGENSTLLEFEE	VLKAMEMSS	LVPLAPR
	401		450
Q24214	VIDIFDADNGEVDKFKEFIQGVSQFS.VKGD	KLKSLRFA	FRIYDMDNDGY
P28470	VIDIFDADNGEVDKFREFIVGTSQFS.VKG	DEEQKL	RFAFRIYDMDNDGF
SEQ ID NO: 10	VFNLFDPKNGHGSINFREFVAGLAFLS.THT	SFQTTMKA	AFKACDVG
O35259	DRHLVAKRLTEHVQDKSKLPILIFPEGT	CINNTSV	MMFKKGSFEIGATVY
Q9XFJ4	IFDLFDNNRDGTVDMMREIIGGFSSLK..	YSQDDAL	RCLCFQVYDTRSGC
	451		500
Q24214	ISNGELFQVLKMMVGNNLKD.TQLQQIV	DKTIGFADK	DEDGKISFDEFCS
P28470	ISNGELFQVLKMMVGNNLKD.WQLQQ	LVDKSILV	LKDGDGRISFEEFRD
SEQ ID NO: 10	LTRNEVESSLMAVFP.....ELPPAT	VLKLFDTL	DLNRDGSINWBEFSS
O35259	PVAIKYDPQFGDAFWN.....SSKY	GMVTYLL	RMMTSWAIVCS
Q9XFJ4	ISKEEVESMLRALPEDCLPINITEPGKL	DEIFDL	MDANS
	501		532
Q24214	VVGNTDIHKKMVVDV.....		
P28470	VVRTMEIHKKLVVFDHGOED.....		
SEQ ID NO: 10	FLQRNPEYLAIILAAHPTLLQAPKSE	SEETNI	
O35259	VWYLP	PPMTREK	DEDAVQFANRVKSAIARQEDW
Q9XFJ4	AMQRDSSLQDVVLSLRPN.....		

Figur 20: Vergleich von SEQ ID NO: 12 mit Swiss-Prot Datenbank

	1	50
Q9XFW4	.MAMAAAVIVPLGILFFISGLVNNLLQAVCYVLVRPMSKNTYRKINRVVA	
Q9SDN3	.....
Q40119	MAIPAAAFIVPISLLFFMSGGLVNNFIQAVFYVLVRPISKOTYRRINTLVA	
Q41745	MAIPLVLVVLPLGLLFLLSGLIVNAIQAVLFVTIRPFSSKSFYRRINRFLA	
Q9SYC8	MKIPAAALVFIPVGVFLISGLIVNIIQLVFFIIVRPFSRSLYRRINKNVA	
SEQ ID NO: 12	.....	MIMM

	51	100
Q9XFW4	ETLWLELVWIVDWWAGVKIQVFADDETFNRMGKEHALVVCNHRSDIDWL	
Q9SDN3	.....	MGKEHALVISNHRSDIDWL
Q40119	ELLWLELVWVIDWWAGVKVQLYTDTESFRLMGKEHALLICNHRSDIDWL	
Q41745	ELLWLQLVWVVDWWAGVKVQLHADEETYSRMSGKEHALIISNHRSDIDWL	
Q9SYC8	ELLWLQLIWLFDWWACIKINLYVDAETLELIGKEHALVLSNHRSDIDWL	
SEQ ID NO: 12	EVLWSELIWLLDWWANVKVKVYTPKESWEHLGKEHALLICNHRSDIDWL	

	101	150
Q9XFW4	GWILAQRSGCLGSALAVMKKSSKFLPVIGWSMWFSEYLFERNWAKDEST	
Q9SDN3	GWVLAQRSGCLGSSLAVMKKSSKFLPVIGWSMWFSEYLFERSWAKDEGT	
Q40119	GWVLAQRSGCLGSSSIAMKKSSKFLPVIGWSMWFSEYLFERNWAKDENT	
Q41745	GWILAQRSGCLGSTLAVMKKSSKFLPVIGWSMWFSEYLFERSWAKDEKT	
Q9SYC8	GWVMAQRVGCGLGSSLAIMKKEAKYLPPIGWSMWFSDYIFERSWAKDENT	
SEQ ID NO: 12	GWIIAQRGLGCLGGTRAVMKKSTKFLPVIGWSMWFSEYVFLSRDWAKDEKV	

	151	200
Q9XFW4	LQSGLQRLNDFPRPFWLALFVEGTRFTEAKLKAAQEYAAASSELPVPRNV	
Q9SDN3	LKSGVQRLKDFPQPFWLALFVEGTRFTQAKLLAAQEYAAATGLPVPRNV	
Q40119	LKSGLQRLNDFPKPFWLALFVEGTRFTKAKLLAAQEYAAASAGLPVPRNV	
Q41745	LKWGLQRLKDFPRPFWLALFVEGTRFTPAKLLAAQEYAAASQGLPAPRNV	
Q9SYC8	LKAGFKRLEDFPMTFWLALFVEGTRFTQEKLEAAQEYASIRSLPSPRNV	
SEQ ID NO: 12	LKNGYSSLKGFPRTLWVALFVEGTRFTKAKLEVAQKFAADTGLRVPRYV	

	201	250
Q9XFW4	IPRTKGFVSAVSNMRSFVPAIYDMTVAIPKTSPPPTMLRLFKGQPSVVHV	
Q9SDN3	IPRTKGFVTAVSQMRSFAPAIYDVTVAIPKSSPAPTMLRLFEGRPSVVHV	
Q40119	IPRTKGFVSAVSNMRSFVPAIYDLTVAIPKTTEQPTMLRLFRGKSSVVHV	
Q41745	IPRTKGFVSAVSIMRDFVPAIYDTTVIVPKDSPQPTMLRILKGQSSVIHV	
Q9SYC8	IPRTKGFVSAVSEIRSFVPAIYDCTLTVHNNQPTPTLLRMFSGQSSEINL	
SEQ ID NO: 12	VPRTKGFVSAVENLREFVPVYDMTVAISKELPNPTMIRIFRGQPSVVHV	

2

251 300
Q9XFW4 HIKCHSMKDLPEPEDEIAQWCRDQFVAKDALLDKHIAADTFPGQKEQNIG
Q9SDN3 HIKRHVMRDLPETDEAVAQWCKDIFVAKDALLDKHTVEQTFGDQQLKVTG
Q40119 HLKRHLMKDLPKTDDGVAQWCKDQFISKDALLDKHVAEDTFSGLEVQDIG
Q41745 RMKRHAMSEMPKSDEDVSKWCKDIFVAKDALLDKHLATGTFD.EEIRPIG
Q9SYC8 QMRRHKMSLPEPDDGIAQWCQDLFITKDAQLEKYFTKDVFSDLVHVIN
SEQ ID NO: 12 YVRRVPMSDLPEGANAISKWCHDAFHIKDDRLEQHEKENTFGEDLYIPIE

301 350
Q9XFW4 RPIKSLAVVVSWACLLTLGAMKFLHWSNLFSSWKGIASAFGLGIITLCM
Q9SDN3 RPLKSLLVVTAWACLLILGALKFLYWSSLLSSWKGIAFSALGLGVVTVLM
Q40119 RPMKSLVVVSWMCLLCLGLVKFLQWSALLSSWKGMITTFVLGIVTVLM
Q41745 RPKVSLLVTLFWSCLLLFGAIEFFKWTQLLSTWRGVAFATAAGMALVTGVM
Q9SYC8 RPIKPLIVVVIWLGFLVFGGFKLLQWLSIVASWKIILLFVFFLVVIATITM
SEQ ID NO: 12 RPLKPLIIVISWAITLLAAAWFLRR..VLSTWKGIWVAGVLVVVMLCV

351 391
Q9XFW4 QILIRSSQSERSTPAKVAPAKPKDNHQSGPSSQTEVEEKQK
Q9SDN3 QILIRFSQSERSTPAPVAPTNNKNKGESSGKPEKQQ.....
Q40119 HILIRSSQSEHSTPAKTRARQTAENPK.....
Q41745 HVFIMFSQAERSSSARAARNRVKKE.....
Q9SYC8 QILIQSSESQRSTPAKRPLQEQLISA.....
SEQ ID NO: 12 QILVMSSQSERSSDPAAKKANQKQAASVAHLGKTD.....

SEQUENCE LISTING

<110> BASF Plant Science GmbH

<120> Neue pflanzliche Acyltransferasen spezifisch für langkettige mehrfach ungesättigte Fettsäuren

<130> AE20011000

<140> AE20011000

<141> 2003-03-31

<160> 74

<170> PatentIn version 3.1

<210> 1

<211> 1047

<212> DNA

<213> Thraustochytrium

<220>

<221> CDS

<222> (38)..(952)

<223> LPAAT

<400> 1

gggcgggtgtc cggccgttcg agcgcgtgga cgccaac atg agc gcg tgg acg agg 55
Met Ser Ala Trp Thr Arg
1 5

gcc aag acc gcc gtg ggc ctc ctg acg ctg gcg cct gcg cgg ata gtg 103
Ala Lys Thr Ala Val Gly Leu Leu Thr Leu Ala Pro Ala Arg Ile Val
10 15 20

ttc ctc gtg act gtc ctg ggc acg tac ggg ctc acg gtc gcg gcc tgc 151
Phe Leu Val Thr Val Leu Gly Thr Tyr Gly Leu Thr Val Ala Ala Cys
25 30 35

acg cga ctt ggc gtc ccg aaa agc ttc gtg ctg ggc ctg acg cgg tgc 199
Thr Arg Leu Gly Val Pro Lys Ser Phe Val Leu Gly Leu Thr Arg Cys
40 45 50

gtc gcg cga ctc acg ctc tgg ggg ctt ggg ttc tac cac att gag gtc 247
Val Ala Arg Leu Thr Leu Trp Gly Leu Gly Phe Tyr His Ile Glu Val
55 60 65 70

tct tgc gac gcc caa ggc ctt cgg gag tgg ccg cgc gtg att gtc gcg 295
Ser Cys Asp Ala Gln Gly Leu Arg Glu Trp Pro Arg Val Ile Val Ala
75 80 85

2

```

aac cac gtc tcg tac ctg gag atc ttg tac ttc atg tcg acc gtg cac      343
Asn His Val Ser Tyr Leu Glu Ile Leu Tyr Phe Met Ser Thr Val His
      90                      95                      100

tgc ccg tct ttc gtc atg aag aag acc tgc ctc cga gtc ccg ctt gtc      391
Cys Pro Ser Phe Val Met Lys Lys Thr Cys Leu Arg Val Pro Leu Val
      105                      110                      115

ggc tac att gcc atg gag ctg ggc ggt gtg att gtg gac cgc gag ggc      439
Gly Tyr Ile Ala Met Glu Leu Gly Gly Val Ile Val Asp Arg Glu Gly
      120                      125                      130

ggc ggt caa agc gca tcg gcg atc att cgc gac cgc gtg cag gag cct      487
Gly Gly Gln Ser Ala Ser Ala Ile Ile Arg Asp Arg Val Gln Glu Pro
      135                      140                      145                      150

cct cga gat tcg tcg agc gag aag cac cac gcg cag ccg ctt ctt gtg      535
Pro Arg Asp Ser Ser Ser Glu Lys His His Ala Gln Pro Leu Leu Val
      155                      160                      165

ttc ccc gag ggg acc acc acc aat gga agc tgc ctg ctc caa ttc aag      583
Phe Pro Glu Gly Thr Thr Thr Asn Gly Ser Cys Leu Leu Gln Phe Lys
      170                      175                      180

acg gga gcc ttt cgt cct ggg gct ccg gtg ctt ccg gtc gtg ctt gag      631
Thr Gly Ala Phe Arg Pro Gly Ala Pro Val Leu Pro Val Val Leu Glu
      185                      190                      195

ttt ccg att gac aaa gcg cgt ggt gac ttt tcc ccg gcg tac gaa tcg      679
Phe Pro Ile Asp Lys Ala Arg Gly Asp Phe Ser Pro Ala Tyr Glu Ser
      200                      205                      210

gtc cac acg cca gct cac ctc ctt cgc atg ctc gca caa tgg agg cac      727
Val His Thr Pro Ala His Leu Leu Arg Met Leu Ala Gln Trp Arg His
      215                      220                      225                      230

cgg ctt cgg gtg cgc tat ctt cct ctg tat gag ccc tct gcg gct gag      775
Arg Leu Arg Val Arg Tyr Leu Pro Leu Tyr Glu Pro Ser Ala Ala Glu
      235                      240                      245

aag gtt gat gca gac ctt tat gcg cgg aac gtg cgc gac gaa atg gcg      823
Lys Val Asp Ala Asp Leu Tyr Ala Arg Asn Val Arg Asp Glu Met Ala
      250                      255                      260

cgc gcg ctc aag gta ccc act gtg gag cag tct tac cgc gac aag ctc      871
Arg Ala Leu Lys Val Pro Thr Val Glu Gln Ser Tyr Arg Asp Lys Leu
      265                      270                      275

gtc tac cac gcg gat ctc atg ccg cac tac cag aag gcc ggc ccc gga      919
Val Tyr His Ala Asp Leu Met Pro His Tyr Gln Lys Ala Gly Pro Gly
      280                      285                      290

gcg ctc tat ctg tac gtc cga cct gac ctc ttg tagcactcat gcgcgtccca      972
Ala Leu Tyr Leu Tyr Val Arg Pro Asp Leu Leu
      295                      300                      305

agcgggtccag caacgggaga ttaaaacacg atttcttagc ctacaaaaaa aaaaaaaaaa      1032
aaaaaaaaaa aaaaaa
                                         1047

```

3

<211> 305

<212> PRT

<213> Thraustochytrium

<400> 2

```

Met Ser Ala Trp Thr Arg Ala Lys Thr Ala Val Gly Leu Leu Thr Leu
1          5          10          15
Ala Pro Ala Arg Ile Val Phe Leu Val Thr Val Leu Gly Thr Tyr Gly
          20          25          30
Leu Thr Val Ala Ala Cys Thr Arg Leu Gly Val Pro Lys Ser Phe Val
          35          40          45
Leu Gly Leu Thr Arg Cys Val Ala Arg Leu Thr Leu Trp Gly Leu Gly
          50          55          60
Phe Tyr His Ile Glu Val Ser Cys Asp Ala Gln Gly Leu Arg Glu Trp
65          70          75          80
Pro Arg Val Ile Val Ala Asn His Val Ser Tyr Leu Glu Ile Leu Tyr
          85          90          95
Phe Met Ser Thr Val His Cys Pro Ser Phe Val Met Lys Lys Thr Cys
          100         105         110
Leu Arg Val Pro Leu Val Gly Tyr Ile Ala Met Glu Leu Gly Gly Val
          115         120         125
Ile Val Asp Arg Glu Gly Gly Gly Gln Ser Ala Ser Ala Ile Ile Arg
          130         135         140
Asp Arg Val Gln Glu Pro Pro Arg Asp Ser Ser Ser Glu Lys His His
145         150         155         160
Ala Gln Pro Leu Leu Val Phe Pro Glu Gly Thr Thr Thr Asn Gly Ser
          165         170         175
Cys Leu Leu Gln Phe Lys Thr Gly Ala Phe Arg Pro Gly Ala Pro Val
          180         185         190
Leu Pro Val Val Leu Glu Phe Pro Ile Asp Lys Ala Arg Gly Asp Phe
          195         200         205
Ser Pro Ala Tyr Glu Ser Val His Thr Pro Ala His Leu Leu Arg Met
          210         215         220
Leu Ala Gln Trp Arg His Arg Leu Arg Val Arg Tyr Leu Pro Leu Tyr
225         230         235         240
Glu Pro Ser Ala Ala Glu Lys Val Asp Ala Asp Leu Tyr Ala Arg Asn
          245         250         255
Val Arg Asp Glu Met Ala Arg Ala Leu Lys Val Pro Thr Val Glu Gln
          260         265         270
Ser Tyr Arg Asp Lys Leu Val Tyr His Ala Asp Leu Met Pro His Tyr
          275         280         285
Gln Lys Ala Gly Pro Gly Ala Leu Tyr Leu Tyr Val Arg Pro Asp Leu
          290         295         300
Leu
305

```

<210> 3

<211> 1701

<212> DNA

<213> *Physcomitrella patens*

<220>

<221> misc_feature

<223> LPAAT

<400> 3

```
ggcacgaggg aaattggcct tctatgtggc cgtacttatt cgaggaggtc aacgaaacaa      60
aggatatgtct tattaatgaa aatgtctcca cacatgtatg ttgttttaggt atattctgtc     120
aactgaaaac ttgttttaat tttttcttaa attgaaattc tgtgcctgaa agccaactct     180
aggtccatca taatgtagca atatgatcag aagcgctcaa atgtgtcgtg aaagtttgct     240
tttgcaatct tcttttgctg ttaacctatt gattatgttg gaaccacaat acagacgctg     300
cttcacttca ttcttatggc aatgaatgtc gtgatgattc cggttaattt catcctacag     360
ggatatggat gttgtaaagg tgatttttgc aggtgataaa gtacctaaagg agaaccgtgt     420
gatggctcatg tgcaaccatc gtaccgaagt ggactggatg tacatttgga acttagcaat     480
tcggaaaggc aagattgggt actgcaagta tgcggtgaag aactcagtga aaaacttacc     540
cttgttttgt tgggcatttt acgtttttga gtttctgatg ctgcatagaa agtgggaagt     600
ggatgctccc gtcacaaaga catacattga cagttttcaa gataaaagag atcctctctg     660
gctagtctgt tttcctgaag gcacagattt ttogtaaggc tgaagtaccc atccatggct     720
ttgatgtata tctgcaatct tctctataat ctgcatttat tctctgttgt ttctctagca     780
agtaaatcat acttgcttaa tgtacttagc aatttgtcat ttttgactta ttgtgatgta     840
aatgtgattg actactatga cagtgaagcg aaacgggaca cgggcaatgc aattggaaga     900
gagaaaggct atccggagct tgtcaatgtg cttcaacctc gactcgtgg ctttgtgact     960
tgctttctc aatcgcgctg ctctttggat gcagtttatg acctcactat aggggtacaag    1020
aagcgggtgc cttgtttcat caacaatgta ttcggaaccg atccatcgga agtgcacatt    1080
cacattcgcc gaataccaat ttctgagatt cctcaatcag aagacggtat gacgcagtgg    1140
ctgtatgatc tattttatca aaaggaccag atgttggcca gttttagtaa gacaggctct    1200
ttccctgaca gtggaattga agagagccct ttgaacatag tggaagggtg ttgcaatggt    1260
gctctacacg tagtccttag cggttgggta ttctggtgct tgtttcattc ggtttggttg    1320
aagctttatg tggctttcgc tagtttgctg ctgcggttta gtacctattt tgattggaga    1380
cctaaaccgg tttactctag tctacgtact aaaagaaaaa tcgtgtaaaa taaattcgtt    1440
agttgtaatt ggtttgttta ttccgattcc aaagctgagt ttaaggggtg ggctcctctt    1500
taagctgatt tttgctatta attggctgct cccttgtttg tctgccgtaa attggcttta    1560
atacggttgt cttctgctga tgaacctcag tgcttcaaga cgatgtggcc ttttagcctt    1620
ctcctttacc catcttgacc agatgccaaa ctcgcaataa agcagatcaa taggtcgtgc    1680
ccccaaaaaa aaaaaaaaaa a                                     1701
```

<210> 4

5

<211> 714

<212> DNA

<213> Physcomitrella patens

<220>

<221> CDS

<222> (1)..(714)

<223> LPAAT

<400> 4

atg gct ttg atg tat atc tgc aat ctt ctc tat aat ctg cat tta ttc	48
Met Ala Leu Met Tyr Ile Cys Asn Leu Leu Tyr Asn Leu His Leu Phe	
1 5 10 15	
tct gtt gtt tct cta gca agt aaa tca tac ttg ctt aat gta ctt agc	96
Ser Val Val Ser Leu Ala Ser Lys Ser Tyr Leu Leu Asn Val Leu Ser	
20 25 30	
aat ttg tca ttt ttg act tat tgt gat gta aat gtg att gac tac tat	144
Asn Leu Ser Phe Leu Thr Tyr Cys Asp Val Asn Val Ile Asp Tyr Tyr	
35 40 45	
gac agt gaa gcg aaa cgg gac acg ggc aat gca att gga aga gag aaa	192
Asp Ser Glu Ala Lys Arg Asp Thr Gly Asn Ala Ile Gly Arg Glu Lys	
50 55 60	
ggc tat ccg gag ctt gtc aat gtg ctt caa cct cgc act cgt ggc ttt	240
Gly Tyr Pro Glu Leu Val Asn Val Leu Gln Pro Arg Thr Arg Gly Phe	
65 70 75 80	
gtg act tgc ctt tct caa tcg cgc tgc tct ttg gat gca gtt tat gac	288
Val Thr Cys Leu Ser Gln Ser Arg Cys Ser Leu Asp Ala Val Tyr Asp	
85 90 95	
ctc act ata ggg tac aag aag cgg tgt ccc ttg ttc atc aac aat gta	336
Leu Thr Ile Gly Tyr Lys Lys Arg Cys Pro Leu Phe Ile Asn Asn Val	
100 105 110	
ttc gga acc gat cca tcg gaa gtg cac att cac att cgc cga ata cca	384
Phe Gly Thr Asp Pro Ser Glu Val His Ile His Ile Arg Arg Ile Pro	
115 120 125	
att tct gag att cct caa tca gaa gac ggt atg acg cag tgg ctg tat	432
Ile Ser Glu Ile Pro Gln Ser Glu Asp Gly Met Thr Gln Trp Leu Tyr	
130 135 140	
gat cta ttt tat caa aag gac cag atg ttg gcc agt ttt agt aag aca	480
Asp Leu Phe Tyr Gln Lys Asp Gln Met Leu Ala Ser Phe Ser Lys Thr	
145 150 155 160	
ggc tct ttc cct gac agt gga att gaa gag agc cct ttg aac ata gtg	528
Gly Ser Phe Pro Asp Ser Gly Ile Glu Glu Ser Pro Leu Asn Ile Val	
165 170 175	
gaa ggt gtt tgc aat gtt gct cta cac gta gtc ctt agc ggt tgg gta	576
Glu Gly Val Cys Asn Val Ala Leu His Val Val Leu Ser Gly Trp Val	
180 185 190	

6

ttc tgg tgc ttg ttt cat tcg gtt tgg ttg aag ctt tat gtg gct ttc	624
Phe Trp Cys Leu Phe His Ser Val Trp Leu Lys Leu Tyr Val Ala Phe	
195 200 205	
gct agt ttg ctg ctc gcg ttt agt acc tat ttt gat tgg aga cct aaa	672
Ala Ser Leu Leu Leu Ala Phe Ser Thr Tyr Phe Asp Trp Arg Pro Lys	
210 215 220	
ccg gtt tac tct agt cta cgt act aaa aga aaa atc gtg taa	714
Pro Val Tyr Ser Ser Leu Arg Thr Lys Arg Lys Ile Val	
225 230 235	

<210> 5

<211> 237

<212> PRT

<213> Physcomitrella patens

<400> 5

Met Ala Leu Met Tyr Ile Cys Asn Leu Leu Tyr Asn Leu His Leu Phe	
1 5 10 15	
Ser Val Val Ser Leu Ala Ser Lys Ser Tyr Leu Leu Asn Val Leu Ser	
20 25 30	
Asn Leu Ser Phe Leu Thr Tyr Cys Asp Val Asn Val Ile Asp Tyr Tyr	
35 40 45	
Asp Ser Glu Ala Lys Arg Asp Thr Gly Asn Ala Ile Gly Arg Glu Lys	
50 55 60	
Gly Tyr Pro Glu Leu Val Asn Val Leu Gln Pro Arg Thr Arg Gly Phe	
65 70 75 80	
Val Thr Cys Leu Ser Gln Ser Arg Cys Ser Leu Asp Ala Val Tyr Asp	
85 90 95	
Leu Thr Ile Gly Tyr Lys Lys Arg Cys Pro Leu Phe Ile Asn Asn Val	
100 105 110	
Phe Gly Thr Asp Pro Ser Glu Val His Ile His Ile Arg Arg Ile Pro	
115 120 125	
Ile Ser Glu Ile Pro Gln Ser Glu Asp Gly Met Thr Gln Trp Leu Tyr	
130 135 140	
Asp Leu Phe Tyr Gln Lys Asp Gln Met Leu Ala Ser Phe Ser Lys Thr	
145 150 155 160	
Gly Ser Phe Pro Asp Ser Gly Ile Glu Glu Ser Pro Leu Asn Ile Val	
165 170 175	
Glu Gly Val Cys Asn Val Ala Leu His Val Val Leu Ser Gly Trp Val	
180 185 190	
Phe Trp Cys Leu Phe His Ser Val Trp Leu Lys Leu Tyr Val Ala Phe	
195 200 205	
Ala Ser Leu Leu Leu Ala Phe Ser Thr Tyr Phe Asp Trp Arg Pro Lys	
210 215 220	

atg	gag	agc	aca	gca	gat	gtc	gga	atg	tcc	gac	gac	gat	cct	atc	ctt	48
Met	Glu	Ser	Thr	Ala	Asp	Val	Gly	Met	Ser	Asp	Asp	Asp	Pro	Ile	Leu	
1			5					10					15			
ctc	aac	ggg	ctc	gaa	acg	cca	cta	ctg	gct	gaa	ttt	cct	ctt	ggc	gaa	96
Leu	Asn	Gly	Leu	Glu	Thr	Pro	Leu	Leu	Ala	Glu	Phe	Pro	Leu	Gly	Glu	
			20					25					30			

8

cgg cct aca ata ggg ccg gag gca cca gta aat ccc ttc cat gaa ccc	144
Arg Pro Thr Ile Gly Pro Glu Ala Pro Val Asn Pro Phe His Glu Pro	
35 40 45	
gat ggt ggt tgg aag acc aac aac gag tgg aat tac ttt caa atg atg	192
Asp Gly Gly Trp Lys Thr Asn Asn Glu Trp Asn Tyr Phe Gln Met Met	
50 55 60	
aaa tcc att ttg ctg att cca ctt ctt ctc gtt cgt cta gtg agc atg	240
Lys Ser Ile Leu Leu Ile Pro Leu Leu Leu Val Arg Leu Val Ser Met	
65 70 75 80	
ata aca atc gta gca ttt gga tat gtg tgg atc agg att tgt ctg atc	288
Ile Thr Ile Val Ala Phe Gly Tyr Val Trp Ile Arg Ile Cys Leu Ile	
85 90 95	
ggc gtc aca gat ccc ttg ttt aag cct ttc aat ccg tgt cga cgg ttc	336
Gly Val Thr Asp Pro Leu Phe Lys Pro Phe Asn Pro Cys Arg Arg Phe	
100 105 110	
atg ctg tgg ggc ata cgg tta gta gca aga gca gtg atg ttt acc atg	384
Met Leu Trp Gly Ile Arg Leu Val Ala Arg Ala Val Met Phe Thr Met	
115 120 125	
ggt tat tac tac att ccc atc aag gga aaa ccg gct cac cga tca gag	432
Gly Tyr Tyr Tyr Ile Pro Ile Lys Gly Lys Pro Ala His Arg Ser Glu	
130 135 140	
gcg ccc att att gtg tcc aat cac att gga ttt ctg gat ccc atc ttt	480
Ala Pro Ile Ile Val Ser Asn His Ile Gly Phe Leu Asp Pro Ile Phe	
145 150 155 160	
gtg ttc tat ccg cac ttg ccg gcc atc gtc tca gcc aag gag aac gtc	528
Val Phe Tyr Arg His Leu Pro Ala Ile Val Ser Ala Lys Glu Asn Val	
165 170 175	
gag atg ccc att att gga ctg ttt ttg caa gct ttg caa ata ata ccc	576
Glu Met Pro Ile Ile Gly Leu Phe Leu Gln Ala Leu Gln Ile Ile Pro	
180 185 190	
gtg gac ccg act gat gct cag tct agg cac cac gcg gct ggc aac gtt	624
Val Asp Arg Thr Asp Ala Gln Ser Arg His His Ala Ala Gly Asn Val	
195 200 205	
cgg cga agg gct gtg gac aat atg tgg tcc cac gtc atg ttg ttc ccg	672
Arg Arg Arg Ala Val Asp Asn Met Trp Ser His Val Met Leu Phe Pro	
210 215 220	
cag ggc act acc acc aat ggc aga gca ata atc gcc ttc aaa aca gga	720
Gln Gly Thr Thr Thr Asn Gly Arg Ala Ile Ile Ala Phe Lys Thr Gly	
225 230 235 240	
gca ttt tcg cct ggt ctc cct gtg cag cca atg gtt att aga tac cct	768
Ala Phe Ser Pro Gly Leu Pro Val Gln Pro Met Val Ile Arg Tyr Pro	
245 250 255	
cac aag tat gtc aac ccc tct tgg tgt gac caa gga ggt ccg ttg gtc	816
His Lys Tyr Val Asn Pro Ser Trp Cys Asp Gln Gly Gly Pro Leu Val	
260 265 270	
gtt gtg ttg cag ctg atg act cag ttc atc aac cac atg gag gtt gaa	864
Val Val Leu Gln Leu Met Thr Gln Phe Ile Asn His Met Glu Val Glu	
275 280 285	

9

tat ttg ccg gtc atg aag cca act gtg aga gag atg aaa tac cct cat	912
Tyr Leu Pro Val Met Lys Pro Thr Val Arg Glu Met Lys Tyr Pro His	
290 295 300	
gaa ttc gca agt aga gtt cgc agc gag atg gct aaa gcg tta ggc atc	960
Glu Phe Ala Ser Arg Val Arg Ser Glu Met Ala Lys Ala Leu Gly Ile	
305 310 315 320	
gtg tgc aca gaa cac agc ttt ctg gat att aag cta gcg ctg gct gca	1008
Val Cys Thr Glu His Ser Phe Leu Asp Ile Lys Leu Ala Leu Ala Ala	
325 330 335	
gaa aag ctc aaa cag cct tca ggt cgg tcg ttg gtt gag ttt gct cgc	1056
Glu Lys Leu Lys Gln Pro Ser Gly Arg Ser Leu Val Glu Phe Ala Arg	
340 345 350	
atg gag aag tta ttt cgg ctg gat ttt cct acg gcg aag gaa tac ttg	1104
Met Glu Lys Leu Phe Arg Leu Asp Phe Pro Thr Ala Lys Glu Tyr Leu	
355 360 365	
gaa aag ttc agc gcc atg gac cgc aca cac agt ggc ttt gtt aca ttt	1152
Glu Lys Phe Ser Ala Met Asp Arg Thr His Ser Gly Phe Val Thr Phe	
370 375 380	
gag gag tta tgt acg gca ctg gat ctt cca cgc tca cca att act aag	1200
Glu Glu Leu Cys Thr Ala Leu Asp Leu Pro Arg Ser Pro Ile Thr Lys	
385 390 395 400	
cag gtg ttc aac ctt ttc gat aag gat ggg cat gga agc ata aac ttt	1248
Gln Val Phe Asn Leu Phe Asp Lys Asp Gly His Gly Ser Ile Asn Phe	
405 410 415	
cga gag ttt ttg gca ggg ctc gcc ttt gtg tcc agc cac aca tca ttt	1296
Arg Glu Phe Leu Ala Gly Leu Ala Phe Val Ser Ser His Thr Ser Phe	
420 425 430	
tca agt aca atg gag gct gca ttt aaa gca tgt gat gtg aat ggc gat	1344
Ser Ser Thr Met Glu Ala Ala Phe Lys Ala Cys Asp Val Asn Gly Asp	
435 440 445	
ggc act ctt tct cgt gat gaa gtg gag agg agt ttg ctt gat atc ttt	1392
Gly Thr Leu Ser Arg Asp Glu Val Glu Arg Ser Leu Leu Asp Ile Phe	
450 455 460	
cca gag ctc cct cca ata acg gtg ttc aag ctt ttt gac acg tta gat	1440
Pro Glu Leu Pro Pro Ile Thr Val Phe Lys Leu Phe Asp Thr Leu Asp	
465 470 475 480	
ata aat cat gat gag aaa atc agc tgg gag gag ttc agt agc ttt ctg	1488
Ile Asn His Asp Glu Lys Ile Ser Trp Glu Glu Phe Ser Ser Phe Leu	
485 490 495	
cag cga aac cca gag tat ctg gcc atc att ata tat gcg cac cct act	1536
Gln Arg Asn Pro Glu Tyr Leu Ala Ile Ile Ile Tyr Ala His Pro Thr	
500 505 510	
ctg ctg aag cca ccc aca tcg act agc tga	1566
Leu Leu Lys Pro Pro Thr Ser Thr Ser	
515 520	

<210> 8

<211> 521

<212> PRT

<213> Physcomitrella patens

<400> 8

Met Glu Ser Thr Ala Asp Val Gly Met Ser Asp Asp Asp Pro Ile Leu
 1 5 10 15
 Leu Asn Gly Leu Glu Thr Pro Leu Leu Ala Glu Phe Pro Leu Gly Glu
 20 25 30
 Arg Pro Thr Ile Gly Pro Glu Ala Pro Val Asn Pro Phe His Glu Pro
 35 40 45
 Asp Gly Gly Trp Lys Thr Asn Asn Glu Trp Asn Tyr Phe Gln Met Met
 50 55 60
 Lys Ser Ile Leu Leu Ile Pro Leu Leu Leu Val Arg Leu Val Ser Met
 65 70 75 80
 Ile Thr Ile Val Ala Phe Gly Tyr Val Trp Ile Arg Ile Cys Leu Ile
 85 90 95
 Gly Val Thr Asp Pro Leu Phe Lys Pro Phe Asn Pro Cys Arg Arg Phe
 100 105 110
 Met Leu Trp Gly Ile Arg Leu Val Ala Arg Ala Val Met Phe Thr Met
 115 120 125
 Gly Tyr Tyr Tyr Ile Pro Ile Lys Gly Lys Pro Ala His Arg Ser Glu
 130 135 140
 Ala Pro Ile Ile Val Ser Asn His Ile Gly Phe Leu Asp Pro Ile Phe
 145 150 155 160
 Val Phe Tyr Arg His Leu Pro Ala Ile Val Ser Ala Lys Glu Asn Val
 165 170 175
 Glu Met Pro Ile Ile Gly Leu Phe Leu Gln Ala Leu Gln Ile Ile Pro
 180 185 190
 Val Asp Arg Thr Asp Ala Gln Ser Arg His His Ala Ala Gly Asn Val
 195 200 205
 Arg Arg Arg Ala Val Asp Asn Met Trp Ser His Val Met Leu Phe Pro
 210 215 220
 Gln Gly Thr Thr Thr Asn Gly Arg Ala Ile Ile Ala Phe Lys Thr Gly
 225 230 235 240
 Ala Phe Ser Pro Gly Leu Pro Val Gln Pro Met Val Ile Arg Tyr Pro
 245 250 255
 His Lys Tyr Val Asn Pro Ser Trp Cys Asp Gln Gly Gly Pro Leu Val
 260 265 270
 Val Val Leu Gln Leu Met Thr Gln Phe Ile Asn His Met Glu Val Glu
 275 280 285
 Tyr Leu Pro Val Met Lys Pro Thr Val Arg Glu Met Lys Tyr Pro His
 290 295 300
 Glu Phe Ala Ser Arg Val Arg Ser Glu Met Ala Lys Ala Leu Gly Ile
 305 310 315 320
 Val Cys Thr Glu His Ser Phe Leu Asp Ile Lys Leu Ala Leu Ala Ala

11

325 330 335
 Glu Lys Leu Lys Gln Pro Ser Gly Arg Ser Leu Val Glu Phe Ala Arg
 340 345 350
 Met Glu Lys Leu Phe Arg Leu Asp Phe Pro Thr Ala Lys Glu Tyr Leu
 355 360 365
 Glu Lys Phe Ser Ala Met Asp Arg Thr His Ser Gly Phe Val Thr Phe
 370 375 380
 Glu Glu Leu Cys Thr Ala Leu Asp Leu Pro Arg Ser Pro Ile Thr Lys
 385 390 395 400
 Gln Val Phe Asn Leu Phe Asp Lys Asp Gly His Gly Ser Ile Asn Phe
 405 410 415
 Arg Glu Phe Leu Ala Gly Leu Ala Phe Val Ser Ser His Thr Ser Phe
 420 425 430
 Ser Ser Thr Met Glu Ala Ala Phe Lys Ala Cys Asp Val Asn Gly Asp
 435 440 445
 Gly Thr Leu Ser Arg Asp Glu Val Glu Arg Ser Leu Leu Asp Ile Phe
 450 455 460
 Pro Glu Leu Pro Pro Ile Thr Val Phe Lys Leu Phe Asp Thr Leu Asp
 465 470 475 480
 Ile Asn His Asp Glu Lys Ile Ser Trp Glu Glu Phe Ser Ser Phe Leu
 485 490 495
 Gln Arg Asn Pro Glu Tyr Leu Ala Ile Ile Ile Tyr Ala His Pro Thr
 500 505 510
 Leu Leu Lys Pro Pro Thr Ser Thr Ser
 515 520

<210> 9

<211> 2217

<212> DNA

<213> *Physcomitrella patens*

<220>

<221> CDS

<222> (281) .. (1837)

<223> LPAAT2

<400> 9

ggcgcgccag aggacgagac aaggggggcg ctgtggactt ggtacaactc caaatgtggc 60
 tctgaatcat caactaaggg tatggttata caaagtgcgt gccgccgaag agacagacct 120
 tcttggttac ccaagactga atgaagatgg gaagtggaac gatagtatga tggctcagag 180
 acgagtggct ccgagttttt tggactcag taggaagttg caagtggggt ttgcatgctg 240
 aagaatcgac actgcacagg cctcaccatc gacggatagc atg acc agc acg gaa 295
 Met Thr Ser Thr Glu
 1 5

12

aat act gcg atg ttc aca gaa gac act agc act cta aac ggc tcc aca	343
Asn Thr Ala Met Phe Thr Glu Asp Thr Ser Thr Leu Asn Gly Ser Thr	
10 15 20	
gag gca aat cat gct gag ttt cct ctt gga gag cgg ccg acg ata ggg	391
Glu Ala Asn His Ala Glu Phe Pro Leu Gly Glu Arg Pro Thr Ile Gly	
25 30 35	
ccg gag cca cca gtg aac ccc ttc cac gag tcc agc acg tgg agc atc	439
Pro Glu Pro Pro Val Asn Pro Phe His Glu Ser Ser Thr Trp Ser Ile	
40 45 50	
ccc caa gtg atc aag acc att ctg cta gtc ccc ttg ctc gtc ata cgc	487
Pro Gln Val Ile Lys Thr Ile Leu Leu Val Pro Leu Leu Val Ile Arg	
55 60 65	
ttg ctc agc atg ttc gct ctc atg atg ttg ggc tac ata tgc gtc aag	535
Leu Leu Ser Met Phe Ala Leu Met Met Leu Gly Tyr Ile Cys Val Lys	
70 75 80 85	
gtc gct atg atc gga tgc aaa gac ccg ttg ttc aag cct ttc aat cct	583
Val Ala Met Ile Gly Cys Lys Asp Pro Leu Phe Lys Pro Phe Asn Pro	
90 95 100	
ttg cgg cga ctc ttg ttg gta agt gtg agg tta ata gca aga ggg gtg	631
Leu Arg Arg Leu Leu Leu Val Ser Val Arg Leu Ile Ala Arg Gly Val	
105 110 115	
atg gtg gcc atg ggg tat tac tat atc ctc gtc aag gga aaa cca gcc	679
Met Val Ala Met Gly Tyr Tyr Tyr Ile Leu Val Lys Gly Lys Pro Ala	
120 125 130	
cac cgg tct gtg gcg ccc att atc gta tcc aac cac atc ggc ttt gtg	727
His Arg Ser Val Ala Pro Ile Ile Val Ser Asn His Ile Gly Phe Val	
135 140 145	
gat ccc att ttt gtg ttc tat agg cac ttg ccg gtc atc gtc tca gcc	775
Asp Pro Ile Phe Val Phe Tyr Arg His Leu Pro Val Ile Val Ser Ala	
150 155 160 165	
aag gaa att gtg gag atg ccc ata atc gga atg ttc tta caa gct ctg	823
Lys Glu Ile Val Glu Met Pro Ile Ile Gly Met Phe Leu Gln Ala Leu	
170 175 180	
cag atc ata cct gtg gac cga ata aac ccc gcg tcc agg cac cat gcg	871
Gln Ile Ile Pro Val Asp Arg Ile Asn Pro Ala Ser Arg His His Ala	
185 190 195	
gct gga aat atc cga cga aga gct atg gac aac gag tgg ccg cat gtc	919
Ala Gly Asn Ile Arg Arg Arg Ala Met Asp Asn Glu Trp Pro His Val	
200 205 210	
atg ctg ttt cca gag ggg act acc aca aat ggc aaa gcg ttg atc tcc	967
Met Leu Phe Pro Glu Gly Thr Thr Asn Gly Lys Ala Leu Ile Ser	
215 220 225	
ttc aaa aca gga gca ttt tcg cct ggt cta cct gtg caa ccc atg gtc	1015
Phe Lys Thr Gly Ala Phe Ser Pro Gly Leu Pro Val Gln Pro Met Val	
230 235 240 245	
att aaa tac ccc cac aag tat gtg aat ccg tgt tgg tgt aac caa ggg	1063
Ile Lys Tyr Pro His Lys Tyr Val Asn Pro Cys Trp Cys Asn Gln Gly	
250 255 260	

13

ggg cca ttg gtc att ctc ttt cag ctg atg act cag ttt gta aat tac	1111
Gly Pro Leu Val Ile Leu Phe Gln Leu Met Thr Gln Phe Val Asn Tyr	
265 270 275	
atg gag gtg gag tat ttg cct gtg atg acg cca aat gtg cat gag att	1159
Met Glu Val Glu Tyr Leu Pro Val Met Thr Pro Asn Val His Glu Ile	
280 285 290	
aaa aat ccc cat gaa ttt gct aat aga gta cgg act gag atg gcc aaa	1207
Lys Asn Pro His Glu Phe Ala Asn Arg Val Arg Thr Glu Met Ala Lys	
295 300 305	
gcg ctg ggc gtt gtg tgc acg gaa cat aac ttt cta gat atc aaa cta	1255
Ala Leu Gly Val Val Cys Thr Glu His Asn Phe Leu Asp Ile Lys Leu	
310 315 320 325	
aaa atg gct gca gag aag ctc aag cag cct tca gga cgc tca ttg gtt	1303
Lys Met Ala Ala Glu Lys Leu Lys Gln Pro Ser Gly Arg Ser Leu Val	
330 335 340	
gaa ttc gca cgc atg gag aag ctt ttt cga ctg gac tat tcc aag gcc	1351
Glu Phe Ala Arg Met Glu Lys Leu Phe Arg Leu Asp Tyr Ser Lys Ala	
345 350 355	
cag gaa tac ttg gaa aaa ttc agt gct atg gat cct tca cac agt ggt	1399
Gln Glu Tyr Leu Glu Lys Phe Ser Ala Met Asp Pro Ser His Ser Gly	
360 365 370	
tat gtc aca tac gat gag ttc ctt aaa gca ctc cat ctt ccg ccc acc	1447
Tyr Val Thr Tyr Asp Glu Phe Leu Lys Ala Leu His Leu Pro Pro Thr	
375 380 385	
cag atc act gag cag gtg ttc aac ctt ttc gac aag aac gga cac ggt	1495
Gln Ile Thr Glu Gln Val Phe Asn Leu Phe Asp Lys Asn Gly His Gly	
390 395 400 405	
tct ata aac ttt cga gag ttt gtg gca ggg ctt gct ttc ctg tct acc	1543
Ser Ile Asn Phe Arg Glu Phe Val Ala Gly Leu Ala Phe Leu Ser Thr	
410 415 420	
cac act tca ttc cag act aca atg aag gct gca ttc aaa gct tgt gat	1591
His Thr Ser Phe Gln Thr Thr Met Lys Ala Ala Phe Lys Ala Cys Asp	
425 430 435	
gtg gat ggc gat ggc acc ctc act cgt aat gag gtg gaa agc agc ttg	1639
Val Asp Gly Asp Gly Thr Leu Thr Arg Asn Glu Val Glu Ser Ser Leu	
440 445 450	
atg gcc gta ttc ccg gag ctc ccc cca gca acg gtg tta aaa ctt ttc	1687
Met Ala Val Phe Pro Glu Leu Pro Pro Ala Thr Val Leu Lys Leu Phe	
455 460 465	
gac acg ctg gat tta aat cgt gac ggg agc att aac tgg gag gag ttc	1735
Asp Thr Leu Asp Leu Asn Arg Asp Gly Ser Ile Asn Trp Glu Glu Phe	
470 475 480 485	
agc agc ttt ctg caa cga aat cct gag tat ttg gcc atc ata ttg gct	1783
Ser Ser Phe Leu Gln Arg Asn Pro Glu Tyr Leu Ala Ile Ile Leu Ala	
490 495 500	
gca cac cct act ctg ttg cag gca cca aag tcg gaa gag agt gaa act	1831
Ala His Pro Thr Leu Leu Gln Ala Pro Lys Ser Glu Glu Ser Glu Thr	
505 510 515	

14

aac atc tagagttctg tcaatcgata tctattagat catctcttctt acatgctgtg 1887
Asn Ile

ggaccttttg gagctgcaat tcctcgagca tgatataacc actctattac agttgcgctt 1947
agtgggtgca tcttctggat ttgaatcgac tcggggacat aaaagcagca gtgggttgct 2007
gtcaccgttg acatggttta ggaacttagc atcgagatag atccttactt gagatcattt 2067
tgtatttcca cagactattg ctgttaccag tagctctgct agagctagaa tttctatgat 2127
gtggacgaaa gtcaacttat tcttaagaat caaaagttaa gctccggtct ttgtaacggt 2187
tttactgcaa aaaaaaaaaa aaaaaaaaaa 2217

<210> 10

<211> 519

<212> PRT

<213> *Physcomitrella patens*

<400> 10

Met Thr Ser Thr Glu Asn Thr Ala Met Phe Thr Glu Asp Thr Ser Thr
1 5 10 15
Leu Asn Gly Ser Thr Glu Ala Asn His Ala Glu Phe Pro Leu Gly Glu
20 25 30
Arg Pro Thr Ile Gly Pro Glu Pro Pro Val Asn Pro Phe His Glu Ser
35 40 45
Ser Thr Trp Ser Ile Pro Gln Val Ile Lys Thr Ile Leu Leu Val Pro
50 55 60
Leu Leu Val Ile Arg Leu Leu Ser Met Phe Ala Leu Met Met Leu Gly
65 70 75 80
Tyr Ile Cys Val Lys Val Ala Met Ile Gly Cys Lys Asp Pro Leu Phe
85 90 95
Lys Pro Phe Asn Pro Leu Arg Arg Leu Leu Leu Val Ser Val Arg Leu
100 105 110
Ile Ala Arg Gly Val Met Val Ala Met Gly Tyr Tyr Tyr Ile Leu Val
115 120 125
Lys Gly Lys Pro Ala His Arg Ser Val Ala Pro Ile Ile Val Ser Asn
130 135 140
His Ile Gly Phe Val Asp Pro Ile Phe Val Phe Tyr Arg His Leu Pro
145 150 155 160
Val Ile Val Ser Ala Lys Glu Ile Val Glu Met Pro Ile Ile Gly Met
165 170 175
Phe Leu Gln Ala Leu Gln Ile Ile Pro Val Asp Arg Ile Asn Pro Ala
180 185 190
Ser Arg His His Ala Ala Gly Asn Ile Arg Arg Arg Ala Met Asp Asn
195 200 205
Glu Trp Pro His Val Met Leu Phe Pro Glu Gly Thr Thr Thr Asn Gly
210 215 220
Lys Ala Leu Ile Ser Phe Lys Thr Gly Ala Phe Ser Pro Gly Leu Pro

15

225	230	235	240
Val Gln Pro Met Val Ile Lys Tyr Pro His Lys Tyr Val Asn Pro Cys			
245	250	255	
Trp Cys Asn Gln Gly Gly Pro Leu Val Ile Leu Phe Gln Leu Met Thr			
260	265	270	
Gln Phe Val Asn Tyr Met Glu Val Glu Tyr Leu Pro Val Met Thr Pro			
275	280	285	
Asn Val His Glu Ile Lys Asn Pro His Glu Phe Ala Asn Arg Val Arg			
290	295	300	
Thr Glu Met Ala Lys Ala Leu Gly Val Val Cys Thr Glu His Asn Phe			
305	310	315	320
Leu Asp Ile Lys Leu Lys Met Ala Ala Glu Lys Leu Lys Gln Pro Ser			
325	330	335	
Gly Arg Ser Leu Val Glu Phe Ala Arg Met Glu Lys Leu Phe Arg Leu			
340	345	350	
Asp Tyr Ser Lys Ala Gln Glu Tyr Leu Glu Lys Phe Ser Ala Met Asp			
355	360	365	
Pro Ser His Ser Gly Tyr Val Thr Tyr Asp Glu Phe Leu Lys Ala Leu			
370	375	380	
His Leu Pro Pro Thr Gln Ile Thr Glu Gln Val Phe Asn Leu Phe Asp			
385	390	395	400
Lys Asn Gly His Gly Ser Ile Asn Phe Arg Glu Phe Val Ala Gly Leu			
405	410	415	
Ala Phe Leu Ser Thr His Thr Ser Phe Gln Thr Thr Met Lys Ala Ala			
420	425	430	
Phe Lys Ala Cys Asp Val Asp Gly Asp Gly Thr Leu Thr Arg Asn Glu			
435	440	445	
Val Glu Ser Ser Leu Met Ala Val Phe Pro Glu Leu Pro Pro Ala Thr			
450	455	460	
Val Leu Lys Leu Phe Asp Thr Leu Asp Leu Asn Arg Asp Gly Ser Ile			
465	470	475	480
Asn Trp Glu Glu Phe Ser Ser Phe Leu Gln Arg Asn Pro Glu Tyr Leu			
485	490	495	
Ala Ile Ile Leu Ala Ala His Pro Thr Leu Leu Gln Ala Pro Lys Ser			
500	505	510	
Glu Glu Ser Glu Thr Asn Ile			
515			

<210> 11

<211> 1014

<212> DNA

<213> Physcomitrella patens

<220>

16

<221> CDS

<222> (1) .. (1014)

<223> LPAAT

<400> 11

```

atg att atg atg gag gtg ctg tgg tgc gag ctt ata tgg ctg ctg gat      48
Met Ile Met Met Glu Val Leu Trp Ser Glu Leu Ile Trp Leu Leu Asp
1           5           10           15
tgg tgg gca aat gtg aag gtg aag gtt tac acg cca aag gag tgc tgg      96
Trp Trp Ala Asn Val Lys Val Lys Val Tyr Thr Pro Lys Glu Ser Trp
20           25           30
gag cac tta gga aag gag cac gca tta ctc att tgt aat cac cgc agt      144
Glu His Leu Gly Lys Glu His Ala Leu Leu Ile Cys Asn His Arg Ser
35           40           45
gac att gat tgg ctc gta gga tgg att att gcc cag aga ttg ggg tgt      192
Asp Ile Asp Trp Leu Val Gly Trp Ile Ile Ala Gln Arg Leu Gly Cys
50           55           60
cta ggt ggg act cga gct gtt atg aag aag tcc acc aaa ttt ctt ccg      240
Leu Gly Gly Thr Arg Ala Val Met Lys Lys Ser Thr Lys Phe Leu Pro
65           70           75           80
gtc att ggc tgg tct atg tgg ttt tca gag tat gtg ttt tta tca aga      288
Val Ile Gly Trp Ser Met Trp Phe Ser Glu Tyr Val Phe Leu Ser Arg
85           90           95
gat tgg gcc aaa gat gag aag gtc ttg aag aat ggt tat tca agt ctt      336
Asp Trp Ala Lys Asp Glu Lys Val Leu Lys Asn Gly Tyr Ser Ser Leu
100          105          110
aag ggc ttc ccc agg acc ttg tgg gtg gct ctt ttt gtg gaa ggc act      384
Lys Gly Phe Pro Arg Thr Leu Trp Val Ala Leu Phe Val Glu Gly Thr
115          120          125
cga ttt acg aag gct aaa ctt gag gtt gcc caa aaa ttt gcg gcg gat      432
Arg Phe Thr Lys Ala Lys Leu Glu Val Ala Gln Lys Phe Ala Ala Asp
130          135          140
aca ggg cta cgt gtt cca agg tat gtg ctt gtt cct cgc aca aaa ggg      480
Thr Gly Leu Arg Val Pro Arg Tyr Val Leu Val Pro Arg Thr Lys Gly
145          150          155          160
ttc gtt tgc gct gtg gag aac ttg cgt gaa ttt gtt ccg gta gtt tat      528
Phe Val Ser Ala Val Glu Asn Leu Arg Glu Phe Val Pro Val Val Tyr
165          170          175
gac atg acc gtt gct ata tct aaa gag ctg ccc aat cct aca atg atc      576
Asp Met Thr Val Ala Ile Ser Lys Glu Leu Pro Asn Pro Thr Met Ile
180          185          190
cgg att ttc aga ggg caa cca tct gtg gtt cat gtg tac gtg agg cgg      624
Arg Ile Phe Arg Gly Gln Pro Ser Val Val His Val Tyr Val Arg Arg
195          200          205
gtc cct atg tct gat ctg cct gag gga gcc aac gcg att tct aaa tgg      672
Val Pro Met Ser Asp Leu Pro Glu Gly Ala Asn Ala Ile Ser Lys Trp
210          215          220

```


17

[illegible]

<210> 12

<211> 337

<212> PRT

<213> Physcomitrella patens

<400> 12

Met	Ile	Met	Met	Glu	Val	Leu	Trp	Ser	Glu	Leu	Ile	Trp	Leu	Leu	Asp
1			5						10					15	
Trp	Trp	Ala	Asn	Val	Lys	Val	Lys	Val	Tyr	Thr	Pro	Lys	Glu	Ser	Trp
		20						25					30		
Glu	His	Leu	Gly	Lys	Glu	His	Ala	Leu	Leu	Ile	Cys	Asn	His	Arg	Ser
		35					40					45			
Asp	Ile	Asp	Trp	Leu	Val	Gly	Trp	Ile	Ile	Ala	Gln	Arg	Leu	Gly	Cys
	50					55					60				
Leu	Gly	Gly	Thr	Arg	Ala	Val	Met	Lys	Lys	Ser	Thr	Lys	Phe	Leu	Pro
65					70					75				80	
Val	Ile	Gly	Trp	Ser	Met	Trp	Phe	Ser	Glu	Tyr	Val	Phe	Leu	Ser	Arg
			85					90					95		
Asp	Trp	Ala	Lys	Asp	Glu	Lys	Val	Leu	Lys	Asn	Gly	Tyr	Ser	Ser	Leu
		100						105					110		
Lys	Gly	Phe	Pro	Arg	Thr	Leu	Trp	Val	Ala	Leu	Phe	Val	Glu	Gly	Thr

18

115 120 125
 Arg Phe Thr Lys Ala Lys Leu Glu Val Ala Gln Lys Phe Ala Ala Asp
 130 135 140
 Thr Gly Leu Arg Val Pro Arg Tyr Val Leu Val Pro Arg Thr Lys Gly
 145 150 155 160
 Phe Val Ser Ala Val Glu Asn Leu Arg Glu Phe Val Pro Val Val Tyr
 165 170 175
 Asp Met Thr Val Ala Ile Ser Lys Glu Leu Pro Asn Pro Thr Met Ile
 180 185 190
 Arg Ile Phe Arg Gly Gln Pro Ser Val Val His Val Tyr Val Arg Arg
 195 200 205
 Val Pro Met Ser Asp Leu Pro Glu Gly Ala Asn Ala Ile Ser Lys Trp
 210 215 220
 Cys His Asp Ala Phe His Ile Lys Asp Asp Arg Leu Glu Gln His Glu
 225 230 235 240
 Lys Glu Asn Thr Phe Gly Glu Asp Leu Tyr Ile Pro Ile Glu Arg Pro
 245 250 255
 Leu Lys Pro Leu Ile Ile Val Ile Ser Trp Ala Ile Thr Leu Leu Ala
 260 265 270
 Ala Ala Trp Trp Phe Leu Arg Arg Val Leu Ser Thr Trp Lys Gly Ile
 275 280 285
 Ala Trp Val Ala Gly Val Leu Val Val Val Met Leu Cys Val Gln Ile
 290 295 300
 Leu Val Met Ser Ser Gln Ser Glu Arg Ser Ser Asp Pro Ala Ala Lys
 305 310 315 320
 Lys Ala Asn Gln Lys Gln Ala Ala Ser Val Ala His Leu Gly Lys Thr
 325 330 335
 Asp

<210> 13

<211> 643

<212> DNA

<213> *Physcomitrella patens*

<220>

<221> misc_feature

<223> LPAAT2

<400> 13

ggcgcgccag aggacgagac aaggggagtc aattggaatg cctgaagacc tgcataaaac 60
 tgggttaaaga aggtgtgtct gctctgtttt tccctgaggg cacaaggaca acggatggag 120
 caatggctgc cttcaagaaa ggagctttct ctgtggcggc caagggaggt gtgtcagttg 180
 tacctataac gttaattggc tcaggcaagt tgatgccaaa tggtttagaa tatacattac 240
 ggcctggcgt tgtgaaaatg attgtccacc cagctatccg cagtaaaaat gccgatgagc 300
 tttgtgatca gtctaggaag gttattgcag agaccttgat caaacacggt cttcctgttc 360

19

```

attagttgct gtgattgatg atcgccatc aggatgatgc gatcaagtga tcaagccctg 420
tttgtcgttc ttagtgatta aggagtcatt tctgtccatc gtttatgccc cgcaagagat 480
ttaaggagat cacaaagtcg gttgtagcaa gagagttgga cactgtgata agcccaatta 540
acttatgttg aagtgtcatt tattctttga aaaaaaaaaa aataaaaaaaaa aaaaaaaaaa 600
aaaaaaaaaa aaaaaaaaaa aaaaaaaaaa aaaaagcggc cgc 643

```

<210> 14

<211> 657

<212> DNA

<213> *Physcomitrella patens*

<220>

<221> CDS

<222> (1)..(657)

<223> LPAAT

<400> 14

```

atg ctg ata tta cag ccc ttc gta ctc tta ctc gac aag caa cgt aga 48
Met Leu Ile Leu Gln Pro Phe Val Leu Leu Leu Asp Lys Gln Arg Arg
1 5 10 15
aga gct cag cac ctt gtg aac aag gtg tgg gca att ttg aca acg tct 96
Arg Ala Gln His Leu Val Asn Lys Val Trp Ala Ile Leu Thr Thr Ser
20 25 30
ttg ttt tat aaa act gag att gaa ggt tgg gaa aat ctt cca gca tct 144
Leu Phe Tyr Lys Thr Glu Ile Glu Gly Trp Glu Asn Leu Pro Ala Ser
35 40 45
gat gag ggt gca gtg tat gtt gcc aat cat caa agc ttt ttg gac atc 192
Asp Glu Gly Ala Val Tyr Val Ala Asn His Gln Ser Phe Leu Asp Ile
50 55 60
tat aca ctc ttt caa tta gga cga cca ttt aag ttt att agc aag acc 240
Tyr Thr Leu Phe Gln Leu Gly Arg Pro Phe Lys Phe Ile Ser Lys Thr
65 70 75 80
agc aat ttt ctc att ccg att att ggt tgg tcc atg tac atg acg ggc 288
Ser Asn Phe Leu Ile Pro Ile Ile Gly Trp Ser Met Tyr Met Thr Gly
85 90 95
cac att ccc cta aag cgt atg gac aag agg agt caa ttg gaa tgc ctg 336
His Ile Pro Leu Lys Arg Met Asp Lys Arg Ser Gln Leu Glu Cys Leu
100 105 110
aag acc tgc atg aag ctg gtt aaa gaa ggt gtg tct gtt ctg ttt ttc 384
Lys Thr Cys Met Lys Leu Val Lys Glu Gly Val Ser Val Leu Phe Phe
115 120 125
cct gag ggc aca agg aca acg gat gga gca atg gct gcc ttc aag aaa 432
Pro Glu Gly Thr Arg Thr Thr Asp Gly Ala Met Ala Ala Phe Lys Lys
130 135 140
gga gct ttc tct gtg gcg gcc aag gga ggt gtg cca gtt gta cct ata 480
Gly Ala Phe Ser Val Ala Ala Lys Gly Gly Val Pro Val Val Pro Ile

```

20

145	150	155	160	
acg tta att ggc tca ggc aag ttg atg cca aat ggt tta gaa tat aca				528
Thr Leu Ile Gly Ser Gly Lys Leu Met Pro Asn Gly Leu Glu Tyr Thr				
	165	170	175	
tta cgg cct ggc gtt gtg aaa atg att gtc cac cca gct atc cgc agt				576
Leu Arg Pro Gly Val Val Lys Met Ile Val His Pro Ala Ile Arg Ser				
	180	185	190	
aaa aat gcc gat gag ctt tgt gat cag tct agg aag gtt att gca gag				624
Lys Asn Ala Asp Glu Leu Cys Asp Gln Ser Arg Lys Val Ile Ala Glu				
	195	200	205	
acc ttg atc caa cac ggt ctt cct gtt cat tag				657
Thr Leu Ile Gln His Gly Leu Pro Val His				
210	215			

<210> 15

<211> 218

<212> PRT

<213> Physcomitrella patens

<400> 15

Met Leu Ile Leu Gln Pro Phe Val Leu Leu Leu Asp Lys Gln Arg Arg			
1	5	10	15
Arg Ala Gln His Leu Val Asn Lys Val Trp Ala Ile Leu Thr Thr Ser			
	20	25	30
Leu Phe Tyr Lys Thr Glu Ile Glu Gly Trp Glu Asn Leu Pro Ala Ser			
	35	40	45
Asp Glu Gly Ala Val Tyr Val Ala Asn His Gln Ser Phe Leu Asp Ile			
	50	55	60
Tyr Thr Leu Phe Gln Leu Gly Arg Pro Phe Lys Phe Ile Ser Lys Thr			
65	70	75	80
Ser Asn Phe Leu Ile Pro Ile Ile Gly Trp Ser Met Tyr Met Thr Gly			
	85	90	95
His Ile Pro Leu Lys Arg Met Asp Lys Arg Ser Gln Leu Glu Cys Leu			
	100	105	110
Lys Thr Cys Met Lys Leu Val Lys Glu Gly Val Ser Val Leu Phe Phe			
	115	120	125
Pro Glu Gly Thr Arg Thr Thr Asp Gly Ala Met Ala Ala Phe Lys Lys			
	130	135	140
Gly Ala Phe Ser Val Ala Ala Lys Gly Gly Val Pro Val Val Pro Ile			
145	150	155	160
Thr Leu Ile Gly Ser Gly Lys Leu Met Pro Asn Gly Leu Glu Tyr Thr			
	165	170	175
Leu Arg Pro Gly Val Val Lys Met Ile Val His Pro Ala Ile Arg Ser			
	180	185	190
Lys Asn Ala Asp Glu Leu Cys Asp Gln Ser Arg Lys Val Ile Ala Glu			
	195	200	205

21

Thr Leu Ile Gln His Gly Leu Pro Val His
 210 215

<210> 16

<211> 1254

<212> DNA

<213> Mortierella alpina

<220>

<221> CDS

<222> (1)..(1251)

<223> LPAAT

<400> 16

atg gat gaa tcc acc acg acc acc acg cac cac tca gag acc agc agc	48
Met Asp Glu Ser Thr Thr Thr Thr His His Ser Glu Thr Ser Ser	
1 5 10 15	
aag acg tcc tcg cac ccc cgc cgg ctc ggt ccc gag atg aac cct atc	96
Lys Thr Ser Ser His Pro Arg Arg Leu Gly Pro Glu Met Asn Pro Ile	
20 25 30	
tac aag ggt ctg cga gcc att gtc tgg gcc ttt tac ttc aac ctg gga	144
Tyr Lys Gly Leu Arg Ala Ile Val Trp Ala Phe Tyr Phe Asn Leu Gly	
35 40 45	
gcg tcg ctt ata tcg atc acg cag gtg ctg tcg ctg cct ctg gcg ttg	192
Ala Ser Leu Ile Ser Ile Thr Gln Val Leu Ser Leu Pro Leu Ala Leu	
50 55 60	
att gct cca ggg gtc tac cag tgg cac atc agc aaa aca cag ggt cac	240
Ile Ala Pro Gly Val Tyr Gln Trp His Ile Ser Lys Thr Gln Gly His	
65 70 75 80	
ttt gga gct ttc ctg ctc cgg atg aac cag ctc ttt gcg ccg tca gat	288
Phe Gly Ala Phe Leu Leu Arg Met Asn Gln Leu Phe Ala Pro Ser Asp	
85 90 95	
att gtc ttg aca ggg gac gag agt gtc agg gga atc gtc aag gtc tac	336
Ile Val Leu Thr Gly Asp Glu Ser Val Arg Gly Ile Val Lys Val Tyr	
100 105 110	
aaa gga cgg aac ctg aag gag gcc ggt gag cca ggc agc ggt cag gga	384
Lys Gly Arg Asn Leu Lys Glu Ala Gly Glu Pro Gly Ser Gly Gln Gly	
115 120 125	
gag gac att ctt ctg gat atg ccc gag agg atg gtt ttc att gcg aac	432
Glu Asp Ile Leu Leu Asp Met Pro Glu Arg Met Val Phe Ile Ala Asn	
130 135 140	
cac cag atc tac tct gac tgg atg tac ctc tgg tgc ttc tcc tat ttt	480
His Gln Ile Tyr Ser Asp Trp Met Tyr Leu Trp Cys Phe Ser Tyr Phe	
145 150 155 160	
gca gag agg cac agg gca ctg aag att att ctt cgg ggc gac ctg acc	528

22

Ala Glu Arg His Arg Ala Leu Lys Ile Ile Leu Arg Gly Asp Leu Thr	
165 170 175	
tgg atc cct gtc ttt ggc tgg ggt atg cgg ttc ttt gac ttt atc ttt	576
Trp Ile Pro Val Phe Gly Trp Gly Met Arg Phe Phe Asp Phe Ile Phe	
180 185 190	
ttg aaa cgt aat gac tgg gca cac gat cgc cgt gcc att gag gaa aac	624
Leu Lys Arg Asn Asp Trp Ala His Asp Arg Arg Ala Ile Glu Glu Asn	
195 200 205	
ttg gga cgt gtc aag gaa aag gat ccc ctc tgg ctc gtg gtc ttc ccc	672
Leu Gly Arg Val Lys Glu Lys Asp Pro Leu Trp Leu Val Val Phe Pro	
210 215 220	
gag gga aca gtc gtc tcc aag gaa acg cgt ctc cga tcc gtt gcc ttt	720
Glu Gly Thr Val Val Ser Lys Glu Thr Arg Leu Arg Ser Val Ala Phe	
225 230 235 240	
tca aag aag gct agt ctg tgc gat cac cgc cat gtg ctg ctt cca agg	768
Ser Lys Lys Ala Ser Leu Ser Asp His Arg His Val Leu Leu Pro Arg	
245 250 255	
acc agc ggt ctg ttt gtg tgc atc aac aag ttg cgt gga tct gtc gac	816
Thr Ser Gly Leu Phe Val Cys Ile Asn Lys Leu Arg Gly Ser Val Asp	
260 265 270	
tac ttg tac gat gca acc gtt ggc tac tgc aat gtc gag tat ggc gag	864
Tyr Leu Tyr Asp Ala Thr Val Gly Tyr Ser Asn Val Glu Tyr Gly Glu	
275 280 285	
att ccg cag gag ctt tac ccg tta cca gga ctg tat atc aac aaa gca	912
Ile Pro Gln Glu Leu Tyr Pro Leu Pro Gly Leu Tyr Ile Asn Lys Ala	
290 295 300	
cag ccc aag gag atc aac atg cac ctg cgt cga ttt gcg atc aag gat	960
Gln Pro Lys Glu Ile Asn Met His Leu Arg Arg Phe Ala Ile Lys Asp	
305 310 315 320	
atc ccc acg tca gaa ccc gaa ttt gtg gaa tgg gtc cga gct cgg tgg	1008
Ile Pro Thr Ser Glu Pro Glu Phe Val Glu Trp Val Arg Ala Arg Trp	
325 330 335	
gtg gag aag gat gag ttg atg gaa gag ttt tat acc aag ggc cga ttt	1056
Val Glu Lys Asp Glu Leu Met Glu Glu Phe Tyr Thr Lys Gly Arg Phe	
340 345 350	
cca tca caa ctg acg gcc gcc gac att ggt gag aag gag gtc aag acg	1104
Pro Ser Gln Leu Thr Ala Ala Asp Ile Gly Glu Lys Glu Val Lys Thr	
355 360 365	
gca gga ggt cca acg gag gga cag agt gtc agg atc ccg ctc aag gcg	1152
Ala Gly Gly Pro Thr Glu Gly Gln Ser Val Arg Ile Pro Leu Lys Ala	
370 375 380	
cga ggc atg atg gac tac ctc atg ccc tgc gtc atg aat ctg atc gcc	1200
Arg Gly Met Met Asp Tyr Leu Met Pro Ser Val Met Asn Leu Ile Ala	
385 390 395 400	
ctt cct gtg ctg gcg ttt gcg atg aga tat gca gtg cag caa gca tgc	1248
Leu Pro Val Leu Ala Phe Ala Met Arg Tyr Ala Val Gln Gln Ala Ser	
405 410 415	
ggc tga	1254

23

Gly

<210> 17

<211> 417

<212> PRT

<213> *Mortierella alpina*

<400> 17

Met Asp Glu Ser Thr Thr Thr Thr Thr His His Ser Glu Thr Ser Ser
 1 5 10 15
 Lys Thr Ser Ser His Pro Arg Arg Leu Gly Pro Glu Met Asn Pro Ile
 20 25 30
 Tyr Lys Gly Leu Arg Ala Ile Val Trp Ala Phe Tyr Phe Asn Leu Gly
 35 40 45
 Ala Ser Leu Ile Ser Ile Thr Gln Val Leu Ser Leu Pro Leu Ala Leu
 50 55 60
 Ile Ala Pro Gly Val Tyr Gln Trp His Ile Ser Lys Thr Gln Gly His
 65 70 75 80
 Phe Gly Ala Phe Leu Leu Arg Met Asn Gln Leu Phe Ala Pro Ser Asp
 85 90 95
 Ile Val Leu Thr Gly Asp Glu Ser Val Arg Gly Ile Val Lys Val Tyr
 100 105 110
 Lys Gly Arg Asn Leu Lys Glu Ala Gly Glu Pro Gly Ser Gly Gln Gly
 115 120 125
 Glu Asp Ile Leu Leu Asp Met Pro Glu Arg Met Val Phe Ile Ala Asn
 130 135 140
 His Gln Ile Tyr Ser Asp Trp Met Tyr Leu Trp Cys Phe Ser Tyr Phe
 145 150 155 160
 Ala Glu Arg His Arg Ala Leu Lys Ile Ile Leu Arg Gly Asp Leu Thr
 165 170 175
 Trp Ile Pro Val Phe Gly Trp Gly Met Arg Phe Phe Asp Phe Ile Phe
 180 185 190
 Leu Lys Arg Asn Asp Trp Ala His Asp Arg Arg Ala Ile Glu Glu Asn
 195 200 205
 Leu Gly Arg Val Lys Glu Lys Asp Pro Leu Trp Leu Val Val Phe Pro
 210 215 220
 Glu Gly Thr Val Val Ser Lys Glu Thr Arg Leu Arg Ser Val Ala Phe
 225 230 235 240
 Ser Lys Lys Ala Ser Leu Ser Asp His Arg His Val Leu Leu Pro Arg
 245 250 255
 Thr Ser Gly Leu Phe Val Cys Ile Asn Lys Leu Arg Gly Ser Val Asp
 260 265 270
 Tyr Leu Tyr Asp Ala Thr Val Gly Tyr Ser Asn Val Glu Tyr Gly Glu
 275 280 285
 Ile Pro Gln Glu Leu Tyr Pro Leu Pro Gly Leu Tyr Ile Asn Lys Ala

24

290 295 300
 Gln Pro Lys Glu Ile Asn Met His Leu Arg Arg Phe Ala Ile Lys Asp
 305 310 315 320
 Ile Pro Thr Ser Glu Pro Glu Phe Val Glu Trp Val Arg Ala Arg Trp
 325 330 335
 Val Glu Lys Asp Glu Leu Met Glu Glu Phe Tyr Thr Lys Gly Arg Phe
 340 345 350
 Pro Ser Gln Leu Thr Ala Ala Asp Ile Gly Glu Lys Glu Val Lys Thr
 355 360 365
 Ala Gly Gly Pro Thr Glu Gly Gln Ser Val Arg Ile Pro Leu Lys Ala
 370 375 380
 Arg Gly Met Met Asp Tyr Leu Met Pro Ser Val Met Asn Leu Ile Ala
 385 390 395 400
 Leu Pro Val Leu Ala Phe Ala Met Arg Tyr Ala Val Gln Gln Ala Ser
 405 410 415
 Gly

<210> 18

<211> 1170

<212> DNA

<213> Mortierella alpina

<220>

<221> CDS

<222> (1)..(1167)

<223> LPAAT

<400> 18

atg aac cct atc tac aag ggt ctg cga gcc att gtc tgg gcc ttt tac 48
 Met Asn Pro Ile Tyr Lys Gly Leu Arg Ala Ile Val Trp Ala Phe Tyr
 5 10 15
 ttc aac ctg gga gcg tcg ctt ata tcg atc acg cag gtg ctg tcg ctg 96
 Phe Asn Leu Gly Ala Ser Leu Ile Ser Ile Thr Gln Val Leu Ser Leu
 20 25 30
 cct ctg gcg ttg att gct cca ggg gtc tac cag tgg cac atc agc aaa 144
 Pro Leu Ala Leu Ile Ala Pro Gly Val Tyr Gln Trp His Ile Ser Lys
 35 40 45
 aca cag ggt cac ttt gga gct ttc ctg ctc cgg atg aac cag ctc ttt 192
 Thr Gln Gly His Phe Gly Ala Phe Leu Leu Arg Met Asn Gln Leu Phe
 50 55 60
 gcg ccg tca gat att gtc ttg aca ggg gac gag agt gtc agg gga atc 240
 Ala Pro Ser Asp Ile Val Leu Thr Gly Asp Glu Ser Val Arg Gly Ile
 65 70 75 80
 gtc aag gtc tac aaa gga cgg aac ctg aag gag gcc ggt gag cca ggc 288
 Val Lys Val Tyr Lys Gly Arg Asn Leu Lys Glu Ala Gly Glu Pro Gly
 85 90 95

25

agc ggt cag gga gag gac att ctt ctg gat atg ccc gag agg atg gtt	336
Ser Gly Gln Gly Glu Asp Ile Leu Leu Asp Met Pro Glu Arg Met Val	
100 105 110	
ttc att gcg aac cac cag atc tac tct gac tgg atg tac ctc tgg tgc	384
Phe Ile Ala Asn His Gln Ile Tyr Ser Asp Trp Met Tyr Leu Trp Cys	
115 120 125	
ttc tcc tat ttt gca gag agg cac agg gca ctg aag att att ctt cgg	432
Phe Ser Tyr Phe Ala Glu Arg His Arg Ala Leu Lys Ile Ile Leu Arg	
130 135 140	
ggc gac ctg acc tgg atc cct gtc ttt ggc tgg ggt atg cgg ttc ttt	480
Gly Asp Leu Thr Trp Ile Pro Val Phe Gly Trp Gly Met Arg Phe Phe	
145 150 155 160	
gac ttt atc ttt ttg aaa cgt aat gac tgg gca cac gat cgc cgt gcc	528
Asp Phe Ile Phe Leu Lys Arg Asn Asp Trp Ala His Asp Arg Arg Ala	
165 170 175	
att gag gaa aac ttg gga cgt gtc aag gaa aag gat ccc ctc tgg ctc	576
Ile Glu Glu Asn Leu Gly Arg Val Lys Glu Lys Asp Pro Leu Trp Leu	
180 185 190	
gtg gtc ttc ccc gag gga aca gtc gtc tcc aag gaa acg cgt ctc cga	624
Val Val Phe Pro Glu Gly Thr Val Val Ser Lys Glu Thr Arg Leu Arg	
195 200 205	
tcc gtt gcc ttt tca aag aag gct agt ctg tcg gat cac cgc cat gtg	672
Ser Val Ala Phe Ser Lys Lys Ala Ser Leu Ser Asp His Arg His Val	
210 215 220	
ctg ctt cca agg acc agc ggt ctg ttt gtg tgc atc aac aag ttg cgt	720
Leu Leu Pro Arg Thr Ser Gly Leu Phe Val Cys Ile Asn Lys Leu Arg	
225 230 235 240	
gga tct gtc gac tac ttg tac gat gca acc gtt ggc tac tcg aat gtc	768
Gly Ser Val Asp Tyr Leu Tyr Asp Ala Thr Val Gly Tyr Ser Asn Val	
245 250 255	
gag tat ggc gag att ccg cag gag ctt tac ccg tta cca gga ctg tat	816
Glu Tyr Gly Glu Ile Pro Gln Glu Leu Tyr Pro Leu Pro Gly Leu Tyr	
260 265 270	
atc aac aaa gca cag ccc aag gag atc aac atg cac ctg cgt cga ttt	864
Ile Asn Lys Ala Gln Pro Lys Glu Ile Asn Met His Leu Arg Arg Phe	
275 280 285	
gcg atc aag gat atc ccc acg tca gaa ccc gaa ttt gtg gaa tgg gtc	912
Ala Ile Lys Asp Ile Pro Thr Ser Glu Pro Glu Phe Val Glu Trp Val	
290 295 300	
cga gct cgg tgg gtg gag aag gat gag ttg atg gaa gag ttt tat acc	960
Arg Ala Arg Trp Val Glu Lys Asp Glu Leu Met Glu Glu Phe Tyr Thr	
305 310 315 320	
aag ggc cga ttt cca tca caa ctg acg gcc gcc gac att ggt gag aag	1008
Lys Gly Arg Phe Pro Ser Gln Leu Thr Ala Ala Asp Ile Gly Glu Lys	
325 330 335	
gag gtc aag acg gca gga ggt cca acg gag gga cag agt gtc agg atc	1056
Glu Val Lys Thr Ala Gly Gly Pro Thr Glu Gly Gln Ser Val Arg Ile	
340 345 350	

26

ccg ctc aag gcg cga ggc atg atg gac tac ctc atg ccc tcg gtc atg 1104
Pro Leu Lys Ala Arg Gly Met Met Asp Tyr Leu Met Pro Ser Val Met
355 360 365

aat ctg atc gcc ctt cct gtg ctg gcg ttt gcg atg aga tat gca gtg 1152
Asn Leu Ile Ala Leu Pro Val Leu Ala Phe Ala Met Arg Tyr Ala Val
370 375 380

cag caa gca tgc ggc tga
Gln Gln Ala Ser Gly
385

<210> 19

<211> 389

<212> PRT

<213> Mortierella alpina

<400> 19

Met	Asn	Pro	Ile	Tyr	Lys	Gly	Leu	Arg	Ala	Ile	Val	Trp	Ala	Phe	Tyr
1				5					10					15	
Phe	Asn	Leu	Gly	Ala	Ser	Leu	Ile	Ser	Ile	Thr	Gln	Val	Leu	Ser	Leu
		20						25					30		
Pro	Leu	Ala	Leu	Ile	Ala	Pro	Gly	Val	Tyr	Gln	Trp	His	Ile	Ser	Lys
	35						40					45			
Thr	Gln	Gly	His	Phe	Gly	Ala	Phe	Leu	Leu	Arg	Met	Asn	Gln	Leu	Phe
	50					55					60				
Ala	Pro	Ser	Asp	Ile	Val	Leu	Thr	Gly	Asp	Glu	Ser	Val	Arg	Gly	Ile
65					70					75					80
Val	Lys	Val	Tyr	Lys	Gly	Arg	Asn	Leu	Lys	Glu	Ala	Gly	Glu	Pro	Gly
				85					90					95	
Ser	Gly	Gln	Gly	Glu	Asp	Ile	Leu	Leu	Asp	Met	Pro	Glu	Arg	Met	Val
			100					105					110		
Phe	Ile	Ala	Asn	His	Gln	Ile	Tyr	Ser	Asp	Trp	Met	Tyr	Leu	Trp	Cys
		115					120					125			
Phe	Ser	Tyr	Phe	Ala	Glu	Arg	His	Arg	Ala	Leu	Lys	Ile	Ile	Leu	Arg
	130					135					140				
Gly	Asp	Leu	Thr	Trp	Ile	Pro	Val	Phe	Gly	Trp	Gly	Met	Arg	Phe	Phe
145					150					155					160
Asp	Phe	Ile	Phe	Leu	Lys	Arg	Asn	Asp	Trp	Ala	His	Asp	Arg	Arg	Ala
			165					170					175		
Ile	Glu	Glu	Asn	Leu	Gly	Arg	Val	Lys	Glu	Lys	Asp	Pro	Leu	Trp	Leu
			180					185					190		
Val	Val	Phe	Pro	Glu	Gly	Thr	Val	Val	Ser	Lys	Glu	Thr	Arg	Leu	Arg
		195					200					205			
Ser	Val	Ala	Phe	Ser	Lys	Lys	Ala	Ser	Leu	Ser	Asp	His	Arg	His	Val
	210					215					220				
Leu	Leu	Pro	Arg	Thr	Ser	Gly	Leu	Phe	Val	Cys	Ile	Asn	Lys	Leu	Arg
225					230					235					240

27

Gly Ser Val Asp Tyr Leu Tyr Asp Ala Thr Val Gly Tyr Ser Asn Val
 245 250 255
 Glu Tyr Gly Glu Ile Pro Gln Glu Leu Tyr Pro Leu Pro Gly Leu Tyr
 260 265 270
 Ile Asn Lys Ala Gln Pro Lys Glu Ile Asn Met His Leu Arg Arg Phe
 275 280 285
 Ala Ile Lys Asp Ile Pro Thr Ser Glu Pro Glu Phe Val Glu Trp Val
 290 295 300
 Arg Ala Arg Trp Val Glu Lys Asp Glu Leu Met Glu Glu Phe Tyr Thr
 305 310 315 320
 Lys Gly Arg Phe Pro Ser Gln Leu Thr Ala Ala Asp Ile Gly Glu Lys
 325 330 335
 Glu Val Lys Thr Ala Gly Gly Pro Thr Glu Gly Gln Ser Val Arg Ile
 340 345 350
 Pro Leu Lys Ala Arg Gly Met Met Asp Tyr Leu Met Pro Ser Val Met
 355 360 365
 Asn Leu Ile Ala Leu Pro Val Leu Ala Phe Ala Met Arg Tyr Ala Val
 370 375 380
 Gln Gln Ala Ser Gly
 385

<210> 20

<211> 687

<212> DNA

<213> Shewanella hanedai

<220>

<221> CDS

<222> (1) .. (684)

<223> LPAAT

<400> 20

atg tta ctg cta gca ttt gtt ttt ggt ggt ctt gtt tgt tta tta aga 48
 Met Leu Leu Leu Ala Phe Val Phe Gly Gly Leu Val Cys Leu Leu Arg
 1 5 10 15
 ccg aga cat cgt gac aat gta cac atg ttc gct aaa att ttc tcc tat 96
 Pro Arg His Arg Asp Asn Val His Met Phe Ala Lys Ile Phe Ser Tyr
 20 25 30
 gct gcg cca gta tta ggt atc aag gtc ata gta cgt aaa cct agc gta 144
 Ala Ala Pro Val Leu Gly Ile Lys Val Ile Val Arg Lys Pro Ser Val
 35 40 45
 gcg acg act gag cct tgt gtc ttt ttg gca aat cat cag aat aat ttc 192
 Ala Thr Thr Glu Pro Cys Val Phe Leu Ala Asn His Gln Asn Asn Phe
 50 55 60
 gat atg ttt acc cat act gcg gca gta ccg aaa ggg acg gtc agt ctt 240
 Asp Met Phe Thr His Thr Ala Ala Val Pro Lys Gly Thr Val Ser Leu

28

65	70	75	80	
gga aag aag agt tta gct tgg gtg cct ttt ttt ggt cag att tac tgg				288
Gly Lys Lys Ser Leu Ala Trp Val Pro Phe Phe Gly Gln Ile Tyr Trp				
	85	90	95	
ttg tcc ggt aat att cta att gac aga aaa aac cgc aat aga gcg ttt				336
Leu Ser Gly Asn Ile Leu Ile Asp Arg Lys Asn Arg Asn Arg Ala Phe				
	100	105	110	
gaa acc atg gcg caa acc gcc aaa aag att aaa gat aag tgc tta tct				384
Glu Thr Met Ala Gln Thr Ala Lys Lys Ile Lys Asp Lys Cys Leu Ser				
	115	120	125	
atc tgg ata ttt ccg gaa ggt acg cgc tct cgt ggc aag ggc tta ttg				432
Ile Trp Ile Phe Pro Glu Gly Thr Arg Ser Arg Gly Lys Gly Leu Leu				
	130	135	140	
cct ttt aaa tct ggt gca ttt cat act gca ata gat gcg gga gtg gct				480
Pro Phe Lys Ser Gly Ala Phe His Thr Ala Ile Asp Ala Gly Val Ala				
	145	150	155	160
atg gta cct gtg ttg gca tca aat caa agc cat ata aaa ctt aat cgt				528
Met Val Pro Val Leu Ala Ser Asn Gln Ser His Ile Lys Leu Asn Arg				
	165	170	175	
ttg aat aat ggt gtg gtt att atc gag atg atg gat cca atc gaa act				576
Trp Asn Asn Gly Val Val Ile Ile Glu Met Met Asp Pro Ile Glu Thr				
	180	185	190	
aaa ggt ttg gct aag tct cag gta aag gag ttg tct aaa cgt atc cac				624
Lys Gly Leu Ala Lys Ser Gln Val Lys Glu Leu Ser Lys Arg Ile His				
	195	200	205	
gct atg atg tcg aat cgt tta act cag ttg gat caa gaa gct tca gcc				672
Ala Met Met Ser Asn Arg Leu Thr Gln Leu Asp Gln Glu Ala Ser Ala				
	210	215	220	
tta atg gca aag taa				687
Leu Met Ala Lys				
225				

<210> 21

<211> 228

<212> PRT

<213> Shewanella hanedai

<400> 21

Met Leu Leu Leu Ala Phe Val Phe Gly Gly Leu Val Cys Leu Leu Arg	
1	5 10 15
Pro Arg His Arg Asp Asn Val His Met Phe Ala Lys Ile Phe Ser Tyr	
	20 25 30
Ala Ala Pro Val Leu Gly Ile Lys Val Ile Val Arg Lys Pro Ser Val	
	35 40 45
Ala Thr Thr Glu Pro Cys Val Phe Leu Ala Asn His Gln Asn Asn Phe	
	50 55 60

29

Asp Met Phe Thr His Thr Ala Ala Val Pro Lys Gly Thr Val Ser Leu
 65 70 75 80
 Gly Lys Lys Ser Leu Ala Trp Val Pro Phe Phe Gly Gln Ile Tyr Trp
 85 90 95
 Leu Ser Gly Asn Ile Leu Ile Asp Arg Lys Asn Arg Asn Arg Ala Phe
 100 105 110
 Glu Thr Met Ala Gln Thr Ala Lys Lys Ile Lys Asp Lys Cys Leu Ser
 115 120 125
 Ile Trp Ile Phe Pro Glu Gly Thr Arg Ser Arg Gly Lys Gly Leu Leu
 130 135 140
 Pro Phe Lys Ser Gly Ala Phe His Thr Ala Ile Asp Ala Gly Val Ala
 145 150 155 160
 Met Val Pro Val Leu Ala Ser Asn Gln Ser His Ile Lys Leu Asn Arg
 165 170 175
 Trp Asn Asn Gly Val Val Ile Ile Glu Met Met Asp Pro Ile Glu Thr
 180 185 190
 Lys Gly Leu Ala Lys Ser Gln Val Lys Glu Leu Ser Lys Arg Ile His
 195 200 205
 Ala Met Met Ser Asn Arg Leu Thr Gln Leu Asp Gln Glu Ala Ser Ala
 210 215 220
 Leu Met Ala Lys
 225

<210> 22

<211> 1352

<212> DNA

<213> Physcomitrella patens

<220>

<221> CDS

<222> (39) .. (1340)

<223> GPAT

<400> 22

ggccgcaagg taaccgcctt ctgccgcaag ccttgact atg ccg tcg ctg ttt cgg 56
 Met Pro Ser Leu Phe Arg
 1 5
 gcg aaa cgc aat ggc aga agg acg ccg ggg aat gcc gtg acc aat ttc 104
 Ala Lys Arg Asn Gly Arg Arg Thr Pro Gly Asn Ala Val Thr Asn Phe
 10 15 20
 ggg aaa tct gaa ttc cat cgt gaa att agt ggg agt acg cgg gcg acc 152
 Gly Lys Ser Glu Phe His Arg Glu Ile Ser Gly Ser Thr Arg Ala Thr
 25 30 35
 acg cag gtg gct gaa gcc acc aca gct ggt ctt agg gag acc att gag 200
 Thr Gln Val Ala Glu Ala Thr Thr Ala Gly Leu Arg Glu Thr Ile Glu
 40 45 50

30

gac cgc gct att atc gac ggt cat tct cac agt ttt gaa gga att caa	248
Asp Arg Ala Ile Ile Asp Gly His Ser His Ser Phe Glu Gly Ile Gln	
55 60 65 70	
tcg gaa gaa gag ttg atg cag gta att gaa aag gag gtg gaa tcc ggt	296
Ser Glu Glu Glu Leu Met Gln Val Ile Glu Lys Glu Val Glu Ser Gly	
75 80 85	
cgg ctg ccg aag cgt gct ggc gcg gga atg gta gag ttg tat cgc aat	344
Arg Leu Pro Lys Arg Ala Gly Ala Gly Met Val Glu Leu Tyr Arg Asn	
90 95 100	
tat cga gat gct gta gtg agc agt ggc gta gaa aat gcg atg gat att	392
Tyr Arg Asp Ala Val Val Ser Ser Gly Val Glu Asn Ala Met Asp Ile	
105 110 115	
gtt gtg aaa gtc atg tca act gtg ttg gac cgg att ctt ctg cag ttc	440
Val Val Lys Val Met Ser Thr Val Leu Asp Arg Ile Leu Leu Gln Phe	
120 125 130	
gag gag cca ttc aca ttt gga tcg cac cac aag aga atg gtg gag ccg	488
Glu Glu Pro Phe Thr Phe Gly Ser His His Lys Arg Met Val Glu Pro	
135 140 145 150	
tat gat tac tac aca ttt ggt cag aac tat gtg cgt cct ctc cta gat	536
Tyr Asp Tyr Tyr Thr Phe Gly Gln Asn Tyr Val Arg Pro Leu Leu Asp	
155 160 165	
ttc agg aac tct tac ctt ggg aac tta aag atc ttt gac cag ata gag	584
Phe Arg Asn Ser Tyr Leu Gly Asn Leu Lys Ile Phe Asp Gln Ile Glu	
170 175 180	
aag aac ctg aaa gag ggg cac aac gtc att ttt cta tcc aat cac cag	632
Lys Asn Leu Lys Glu Gly His Asn Val Ile Phe Leu Ser Asn His Gln	
185 190 195	
act gag gca gat cct gct gtt atg gcg ctg ttg ctt gag cac tct cac	680
Thr Glu Ala Asp Pro Ala Val Met Ala Leu Leu Leu Glu His Ser His	
200 205 210	
ccc tat ttg gca gag aac ttg acc tat gtg gct gga gac agg gtt gtg	728
Pro Tyr Leu Ala Glu Asn Leu Thr Tyr Val Ala Gly Asp Arg Val Val	
215 220 225 230	
ctg gat cca ttc tgc aaa cct ttt agt atg ggc agg aat ctc ttg tgc	776
Leu Asp Pro Phe Cys Lys Pro Phe Ser Met Gly Arg Asn Leu Leu Cys	
235 240 245	
gtg tat tca aaa aag cac att cac gat gta ccg gac ctt gct gaa atg	824
Val Tyr Ser Lys Lys His Ile His Asp Val Pro Asp Leu Ala Glu Met	
250 255 260	
aaa atc aaa gct aat gcg aag act ttg aga cag atg acg atc ctg ctg	872
Lys Ile Lys Ala Asn Ala Lys Thr Leu Arg Gln Met Thr Ile Leu Leu	
265 270 275	
agg cag gga ggt caa tta tta tgg gta gca ccc agt ggt gga cgc gat	920
Arg Gln Gly Gly Gln Leu Leu Trp Val Ala Pro Ser Gly Gly Arg Asp	
280 285 290	
cgc cct gat cct gag acc aac gaa tgg gtt cct gca cat ttt gac tcg	968
Arg Pro Asp Pro Glu Thr Asn Glu Trp Val Pro Ala His Phe Asp Ser	
295 300 305 310	

31

tct gct gtg gag aat atg aag cga cta tct gac att gtc cga gta cct 1016
 Ser Ala Val Glu Asn Met Lys Arg Leu Ser Asp Ile Val Arg Val Pro
 315 320 325

gct cat tta cat gcc cta tca tta cta tgt ttt gag att atg cca cct 1064
 Ala His Leu His Ala Leu Ser Leu Leu Cys Phe Glu Ile Met Pro Pro
 330 335 340

cct gtc cag gta caa aag gag cta gga gag cga aga gca gta gga ttt 1112
 Pro Val Gln Val Gln Lys Glu Leu Gly Glu Arg Arg Ala Val Gly Phe
 345 350 355

agc gga gtt ggt cta gcc gtt tcc gag caa cta gat tat gat tcc att 1160
 Ser Gly Val Gly Leu Ala Val Ser Glu Gln Leu Asp Tyr Asp Ser Ile
 360 365 370

gcg aag tta gtc gac gat tcc aaa aat gcg aag gat gcc ttt tcg gat 1208
 Ala Lys Leu Val Asp Asp Ser Lys Asn Ala Lys Asp Ala Phe Ser Asp
 375 380 385 390

gcg gca tgg agc gaa gtc aat gat atg tat aac gtg tta aaa gaa gca 1256
 Ala Ala Trp Ser Glu Val Asn Asp Met Tyr Asn Val Leu Lys Glu Ala
 395 400 405

att tat ggt gac caa ggt tgt gct gtt agc aca gat tcc ttg aga ctg 1304
 Ile Tyr Gly Asp Gln Gly Cys Ala Val Ser Thr Asp Ser Leu Arg Leu
 410 415 420

gaa cag ccc tgg ttt gat gga agc agg cga act gat tgaaaatagg gc 1352
 Glu Gln Pro Trp Phe Asp Gly Ser Arg Arg Thr Asp
 425 430

<210> 23

<211> 434

<212> PRT

<213> *Physcomitrella patens*

<400> 23

Met Pro Ser Leu Phe Arg Ala Lys Arg Asn Gly Arg Arg Thr Pro Gly
 1 5 10 15

Asn Ala Val Thr Asn Phe Gly Lys Ser Glu Phe His Arg Glu Ile Ser
 20 25 30

Gly Ser Thr Arg Ala Thr Thr Gln Val Ala Glu Ala Thr Thr Ala Gly
 35 40 45

Leu Arg Glu Thr Ile Glu Asp Arg Ala Ile Ile Asp Gly His Ser His
 50 55 60

Ser Phe Glu Gly Ile Gln Ser Glu Glu Glu Leu Met Gln Val Ile Glu
 65 70 75 80

Lys Glu Val Glu Ser Gly Arg Leu Pro Lys Arg Ala Gly Ala Gly Met
 85 90 95

Val Glu Leu Tyr Arg Asn Tyr Arg Asp Ala Val Val Ser Ser Gly Val
 100 105 110

Glu Asn Ala Met Asp Ile Val Val Lys Val Met Ser Thr Val Leu Asp

32

115 120 125
 Arg Ile Leu Leu Gln Phe Glu Glu Pro Phe Thr Phe Gly Ser His His
 130 135 140
 Lys Arg Met Val Glu Pro Tyr Asp Tyr Tyr Thr Phe Gly Gln Asn Tyr
 145 150 155 160
 Val Arg Pro Leu Leu Asp Phe Arg Asn Ser Tyr Leu Gly Asn Leu Lys
 165 170 175
 Ile Phe Asp Gln Ile Glu Lys Asn Leu Lys Glu Gly His Asn Val Ile
 180 185 190
 Phe Leu Ser Asn His Gln Thr Glu Ala Asp Pro Ala Val Met Ala Leu
 195 200 205
 Leu Leu Glu His Ser His Pro Tyr Leu Ala Glu Asn Leu Thr Tyr Val
 210 215 220
 Ala Gly Asp Arg Val Val Leu Asp Pro Phe Cys Lys Pro Phe Ser Met
 225 230 235 240
 Gly Arg Asn Leu Leu Cys Val Tyr Ser Lys Lys His Ile His Asp Val
 245 250 255
 Pro Asp Leu Ala Glu Met Lys Ile Lys Ala Asn Ala Lys Thr Leu Arg
 260 265 270
 Gln Met Thr Ile Leu Leu Arg Gln Gly Gly Gln Leu Leu Trp Val Ala
 275 280 285
 Pro Ser Gly Gly Arg Asp Arg Pro Asp Pro Glu Thr Asn Glu Trp Val
 290 295 300
 Pro Ala His Phe Asp Ser Ser Ala Val Glu Asn Met Lys Arg Leu Ser
 305 310 315 320
 Asp Ile Val Arg Val Pro Ala His Leu His Ala Leu Ser Leu Leu Cys
 325 330 335
 Phe Glu Ile Met Pro Pro Pro Val Gln Val Gln Lys Glu Leu Gly Glu
 340 345 350
 Arg Arg Ala Val Gly Phe Ser Gly Val Gly Leu Ala Val Ser Glu Gln
 355 360 365
 Leu Asp Tyr Asp Ser Ile Ala Lys Leu Val Asp Asp Ser Lys Asn Ala
 370 375 380
 Lys Asp Ala Phe Ser Asp Ala Ala Trp Ser Glu Val Asn Asp Met Tyr
 385 390 395 400
 Asn Val Leu Lys Glu Ala Ile Tyr Gly Asp Gln Gly Cys Ala Val Ser
 405 410 415
 Thr Asp Ser Leu Arg Leu Glu Gln Pro Trp Phe Asp Gly Ser Arg Arg
 420 425 430
 Thr Asp

<210> 24

<211> 444

<212> DNA

<213> Physcomitrella patens

33

<220>

<221> CDS

<222> (1) .. (444)

<223> GPAT/LPAAT

<400> 24

```

atg atc cgg att ttc aga ggg caa cca tct gtg gtt cat gtg cac gtg      48
Met Ile Arg Ile Phe Arg Gly Gln Pro Ser Val Val His Val His Val
1           5           10           15
agg cgg gtc cct atg tct gat ctg cct gag gga gcc aac gcg att tct      96
Arg Arg Val Pro Met Ser Asp Leu Pro Glu Gly Ala Asn Ala Ile Ser
          20           25           30
aaa tgg tgt cac gat gcc ttt cac atc aag gac gat cgg ctg gag cag      144
Lys Trp Cys His Asp Ala Phe His Ile Lys Asp Asp Arg Leu Glu Gln
          35           40           45
cac gaa aaa gag aat acg ttt ggg gag gac ttg tat att cct att gaa      192
His Glu Lys Glu Asn Thr Phe Gly Glu Asp Leu Tyr Ile Pro Ile Glu
          50           55           60
cgg cca ctt aaa cct ctt att att gtg atc tcc tgg gcc atc act ttg      240
Arg Pro Leu Lys Pro Leu Ile Ile Val Ile Ser Trp Ala Ile Thr Leu
          65           70           75           80
ctg gct gca gca tgg tgg ttt cta aga cga gtt tta tcc act tgg aaa      288
Leu Ala Ala Ala Trp Trp Phe Leu Arg Arg Val Leu Ser Thr Trp Lys
          85           90           95
gga atc gcc tgg gtg gca gga gta ctc gtg gtc gtc atg ctg tgt gtc      336
Gly Ile Ala Trp Val Ala Gly Val Leu Val Val Val Met Leu Cys Val
          100          105          110
cag att tta gtg atg tcg tca caa tcg gaa aga agt tca gat cct gca      384
Gln Ile Leu Val Met Ser Ser Gln Ser Glu Arg Ser Ser Asp Pro Ala
          115          120          125
gct aag aag gcc aat caa aaa cag gcg gct tct gtt gct cac ctc ggc      432
Ala Lys Lys Ala Asn Gln Lys Gln Ala Ala Ser Val Ala His Leu Gly
          130          135          140
aaa acg gac tga
Lys Thr Asp
145

```

<210> 25

<211> 147

<212> PRT

<213> Physcomitrella patens

<400> 25

```

Met Ile Arg Ile Phe Arg Gly Gln Pro Ser Val Val His Val His Val
1           5           10           15

```

34

Arg Arg Val Pro Met Ser Asp Leu Pro Glu Gly Ala Asn Ala Ile Ser
 20 25 30
 Lys Trp Cys His Asp Ala Phe His Ile Lys Asp Asp Arg Leu Glu Gln
 35 40 45
 His Glu Lys Glu Asn Thr Phe Gly Glu Asp Leu Tyr Ile Pro Ile Glu
 50 55 60
 Arg Pro Leu Lys Pro Leu Ile Ile Val Ile Ser Trp Ala Ile Thr Leu
 65 70 75 80
 Leu Ala Ala Ala Trp Trp Phe Leu Arg Arg Val Leu Ser Thr Trp Lys
 85 90 95
 Gly Ile Ala Trp Val Ala Gly Val Leu Val Val Val Met Leu Cys Val
 100 105 110
 Gln Ile Leu Val Met Ser Ser Gln Ser Glu Arg Ser Ser Asp Pro Ala
 115 120 125
 Ala Lys Lys Ala Asn Gln Lys Gln Ala Ala Ser Val Ala His Leu Gly
 130 135 140
 Lys Thr Asp
 145

<210> 26

<211> 1710

<212> DNA

<213> Physcomitrella patens

<220>

<221> CDS

<222> (246)..(1394)

<223> GPAT/LPAAT

<400> 26

gaattcgccc tttctctttt tcgtgctgct ccagccgata ttcattgacct gcccgggcag 60
 gtcacattgc gtgttgcca tgtcctggtt gcagctctcg tgacctcac gctcgcgagc 120
 ggcaccgctc gtcttctgcc tcttgcttgc tcttgcttgc tttctgagga acagccccag 180
 ctccggcacc agcataaggt cgtgtagga gagagagaga gggggagaga agtaagcttg 240
 gagtc atg gag ggc ggc tcc ata atc gct ctt cct ctg ggg ctt atg 290
 Met Glu Gly Gly Ser Ile Ile Ala Leu Pro Leu Gly Leu Met
 1 5 10 15
 ttc ctc ttc tcc ggg ttc ttt atc aat atc ctg cag ctg ctg tgc gtg 338
 Phe Leu Phe Ser Gly Phe Phe Ile Asn Ile Leu Gln Leu Leu Ser Val
 20 25 30
 tta ttc att ttg ccg ttt tcg agg agg gcg tac cga gta gtg aat atg 386
 Leu Phe Ile Leu Pro Phe Ser Arg Arg Ala Tyr Arg Val Val Asn Met
 35 40 45
 att atg atg gag gtg ctg tgg tcg gag ctt ata tgg ctg ctg gat tgg 434
 Ile Met Met Glu Val Leu Trp Ser Glu Leu Ile Trp Leu Leu Asp Trp
 50 55 60

35

tgg gcg aat gtg aag gtg aag gtt tac acg cca aag gag tcg tgg gag	482
Trp Ala Asn Val Lys Val Lys Val Tyr Thr Pro Lys Glu Ser Trp Glu	
65 70 75	
cac tta gga aag gag cac gca tta ctc att tgt aat cac cgc agt gac	530
His Leu Gly Lys Glu His Ala Leu Leu Ile Cys Asn His Arg Ser Asp	
80 85 90 95	
ata gat tgg ctc gta gga tgg att att gcc cag aga ttg ggg tgt cta	578
Ile Asp Trp Leu Val Gly Trp Ile Ile Ala Gln Arg Leu Gly Cys Leu	
100 105 110	
ggt ggg act cga gct gtt atg aag aag tcc acc aaa ttt ctt ccg gtc	626
Gly Gly Thr Arg Ala Val Met Lys Lys Ser Thr Lys Phe Leu Pro Val	
115 120 125	
att ggc tgg tct atg tgg ttt tca gag tat gtg ttt tta tca aga gat	674
Ile Gly Trp Ser Met Trp Phe Ser Glu Tyr Val Phe Leu Ser Arg Asp	
130 135 140	
tgg gcc aaa gat gag aag gtc ttg aag aat ggt tat tca agt ctt aag	722
Trp Ala Lys Asp Glu Lys Val Leu Lys Asn Gly Tyr Ser Ser Leu Lys	
145 150 155	
ggc ttc ccc agg acc ttg tgg gtg gct ctt ttt gtg gaa ggc act cga	770
Gly Phe Pro Arg Thr Leu Trp Val Ala Leu Phe Val Glu Gly Thr Arg	
160 165 170 175	
ttt acg aag gcc aaa ctt gag gct gcc caa aaa ttt gca gcg gat aca	818
Phe Thr Lys Ala Lys Leu Glu Ala Ala Gln Lys Phe Ala Ala Asp Thr	
180 185 190	
ggg cta cgt gtt cca agg cat gtg ctt gtt cct cgc aca aaa ggg ttc	866
Gly Leu Arg Val Pro Arg His Val Leu Val Pro Arg Thr Lys Gly Phe	
195 200 205	
gtt tcg gct gtg gag aac ttg cgt gaa ttt gtt ccg gta gtt tat gac	914
Val Ser Ala Val Glu Asn Leu Arg Glu Phe Val Pro Val Val Tyr Asp	
210 215 220	
atg acc gtt gct ata tct aaa gag ctg ccc aat cct aca atg atc cgg	962
Met Thr Val Ala Ile Ser Lys Glu Leu Pro Asn Pro Thr Met Ile Arg	
225 230 235	
att ttc aga ggg caa cca tct gtg gtt cat gtg cac gtg aga cgg gtc	1010
Ile Phe Arg Gly Gln Pro Ser Val Val His Val His Val Arg Arg Val	
240 245 250 255	
cct atg tct gat ctg cct gag gga gcc aac gcg att tct aaa tgg tgt	1058
Pro Met Ser Asp Leu Pro Glu Gly Ala Asn Ala Ile Ser Lys Trp Cys	
260 265 270	
cac gat gcc ttt cac atc aag gac gat cgg ctg gag cag cac gaa aaa	1106
His Asp Ala Phe His Ile Lys Asp Asp Arg Leu Glu Gln His Glu Lys	
275 280 285	
gag aat acg ttt ggg gag gac ttg tat att cct att gaa cgg cca ctt	1154
Glu Asn Thr Phe Gly Glu Asp Leu Tyr Ile Pro Ile Glu Arg Pro Leu	
290 295 300	
aaa cct ctt att att gtg atc tcc tgg gcc atc act ttg ctg gct gca	1202
Lys Pro Leu Ile Ile Val Ile Ser Trp Ala Ile Thr Leu Leu Ala Ala	
305 310 315	

36

gca tgg tgg ttt cta aga cga gtt tta tcc act tgg aaa gga atc gcc 1250
 Ala Trp Trp Phe Leu Arg Arg Val Leu Ser Thr Trp Lys Gly Ile Ala
 320 325 330 335
 tgg gtg gca gga gta ctc gtg gtc gtc atg ctg tgt gtc cag att tta 1298
 Trp Val Ala Gly Val Leu Val Val Val Met Leu Cys Val Gln Ile Leu
 340 345 350
 gtg atg tcg tca caa tcg gaa aga agt tca gat cct gca gct aag aag 1346
 Val Met Ser Ser Gln Ser Glu Arg Ser Ser Asp Pro Ala Ala Lys Lys
 355 360 365
 gcc aat caa aaa cag gcg gct tct gtt gct cac ctc ggc aaa acg gac 1394
 Ala Asn Gln Lys Gln Ala Ala Ser Val Ala His Leu Gly Lys Thr Asp
 370 375 380
 tgagaacttt tgctttaacg caatccaaga cttaggcgtg ctagtctcag ttacaattag 1454
 cattcaggca ctccagatgt gtcaagaaat tttagttact ctagccaaga attgtttgac 1514
 acctgtagt ccacctaatt tccttgaacg attaagagca gcggccatta gatgattcga 1574
 tttggtttct tgatagtatc tggtagcttc ttcttcaagc attgtgtatt ccgcttcagc 1634
 cattcctttt ttttaagatgt attgcttctc gttcgagggt aggtcatttc tgatctaatt 1694
 ttgaaagcac taattc 1710

<210> 27

<211> 383

<212> PRT

<213> *Physcomitrella patens*

<400> 27

Met Glu Gly Gly Gly Ser Ile Ile Ala Leu Pro Leu Gly Leu Met Phe
 1 5 10 15
 Leu Phe Ser Gly Phe Phe Ile Asn Ile Leu Gln Leu Leu Ser Val Leu
 20 25 30
 Phe Ile Leu Pro Phe Ser Arg Arg Ala Tyr Arg Val Val Asn Met Ile
 35 40 45
 Met Met Glu Val Leu Trp Ser Glu Leu Ile Trp Leu Leu Asp Trp Trp
 50 55 60
 Ala Asn Val Lys Val Lys Val Tyr Thr Pro Lys Glu Ser Trp Glu His
 65 70 75 80
 Leu Gly Lys Glu His Ala Leu Leu Ile Cys Asn His Arg Ser Asp Ile
 85 90 95
 Asp Trp Leu Val Gly Trp Ile Ile Ala Gln Arg Leu Gly Cys Leu Gly
 100 105 110
 Gly Thr Arg Ala Val Met Lys Lys Ser Thr Lys Phe Leu Pro Val Ile
 115 120 125
 Gly Trp Ser Met Trp Phe Ser Glu Tyr Val Phe Leu Ser Arg Asp Trp
 130 135 140
 Ala Lys Asp Glu Lys Val Leu Lys Asn Gly Tyr Ser Ser Leu Lys Gly
 145 150 155 160
 Phe Pro Arg Thr Leu Trp Val Ala Leu Phe Val Glu Gly Thr Arg Phe

37

165 170 175
 Thr Lys Ala Lys Leu Glu Ala Ala Gln Lys Phe Ala Ala Asp Thr Gly
 180 185 190
 Leu Arg Val Pro Arg His Val Leu Val Pro Arg Thr Lys Gly Phe Val
 195 200 205
 Ser Ala Val Glu Asn Leu Arg Glu Phe Val Pro Val Val Tyr Asp Met
 210 215 220
 Thr Val Ala Ile Ser Lys Glu Leu Pro Asn Pro Thr Met Ile Arg Ile
 225 230 235 240
 Phe Arg Gly Gln Pro Ser Val Val His Val His Val Arg Arg Val Pro
 245 250 255
 Met Ser Asp Leu Pro Glu Gly Ala Asn Ala Ile Ser Lys Trp Cys His
 260 265 270
 Asp Ala Phe His Ile Lys Asp Asp Arg Leu Glu Gln His Glu Lys Glu
 275 280 285
 Asn Thr Phe Gly Glu Asp Leu Tyr Ile Pro Ile Glu Arg Pro Leu Lys
 290 295 300
 Pro Leu Ile Ile Val Ile Ser Trp Ala Ile Thr Leu Leu Ala Ala Ala
 305 310 315 320
 Trp Trp Phe Leu Arg Arg Val Leu Ser Thr Trp Lys Gly Ile Ala Trp
 325 330 335
 Val Ala Gly Val Leu Val Val Val Met Leu Cys Val Gln Ile Leu Val
 340 345 350
 Met Ser Ser Gln Ser Glu Arg Ser Ser Asp Pro Ala Ala Lys Lys Ala
 355 360 365
 Asn Gln Lys Gln Ala Ala Ser Val Ala His Leu Gly Lys Thr Asp
 370 375 380

<210> 28

<211> 628

<212> DNA

<213> Cryptocodinium cohnii

<220>

<221> CDS

<222> (3) .. (578)

<223> DAGAT

<400> 28

tt gat gat tgg atc gcc gcg ttg gcg act gct tgt gca agc acg gat 47
 Asp Asp Trp Ile Ala Ala Leu Ala Thr Ala Cys Ala Ser Thr Asp
 1 5 10 15
 ggg gtt acg gac gtc gac agc ctg aag ccc tca gca agt gca gtt ccc 95
 Gly Val Thr Asp Val Asp Ser Leu Lys Pro Ser Ala Ser Ala Val Pro
 20 25 30
 cat gga ccc ccc aag gcg aag gtc agt gag cta tcg gcc ctg cgc aag 143

38

His Gly Pro Pro Lys Ala Lys Val Ser Glu Leu Ser Ala Leu Arg Lys
 35 40 45
 gtg cac aat cga aac cgg acc agc gtt ttg acc aac gag gac gga ggc 191
 Val His Asn Arg Asn Arg Thr Ser Val Leu Thr Asn Glu Asp Gly Gly
 50 55 60
 att cct gag tgc aac gtt gtg ggg atc gtg aac ctc tgt gtt act gtg 239
 Ile Pro Glu Cys Asn Val Val Gly Ile Val Asn Leu Cys Val Thr Val
 65 70 75
 atg gtc ttg atc cac ctg cgc ctc att tat gag agc atc cgg aag cac 287
 Met Val Leu Ile His Leu Arg Leu Ile Tyr Glu Ser Ile Arg Lys His
 80 85 90 95
 ggt gtt ttg ttg gac acc ttc cgg gtg gcg gcc cac acc gca ctc aag 335
 Gly Val Leu Leu Asp Thr Phe Arg Val Ala Ala His Thr Ala Leu Lys
 100 105 110
 cca ggt aac ttc cag tgt acg ctt tgt ttc ttc gct ttg ccg gtc ctg 383
 Pro Gly Asn Phe Gln Cys Thr Leu Cys Phe Phe Ala Leu Pro Val Leu
 115 120 125
 gcc atc ttg gcg acc ttc att gag gtc ttg gcg agc aag gga cag ttg 431
 Ala Ile Leu Ala Thr Phe Ile Glu Val Leu Ala Ser Lys Gly Gln Leu
 130 135 140
 ggg atc tcg ctt cgc gag cac cct gca tgc cgg gct ttg tac aat ctg 479
 Gly Ile Ser Leu Arg Glu His Pro Ala Cys Arg Ala Leu Tyr Asn Leu
 145 150 155
 cct tac cat ccc tgt cct ggt cat cca cca ctt tca ggc aac tcc tct 527
 Pro Tyr His Pro Cys Pro Gly His Pro Pro Leu Ser Gly Asn Ser Ser
 160 165 170 175
 cgt ggg agc ctc gtt gct gat tgc tgc gac cac tct ctt ctt gaa agt 575
 Arg Gly Ser Leu Val Ala Asp Cys Cys Asp His Ser Leu Leu Glu Ser
 180 185 190
 tgg tgagcttcgc ccacgtgaat tggctctcgg cgacagtgga aggcgatgga 628
 Trp

<210> 29

<211> 192

<212> PRT

<213> *Cryptocodium cohnii*

<400> 29

Asp Asp Trp Ile Ala Ala Leu Ala Thr Ala Cys Ala Ser Thr Asp Gly
 1 5 10 15
 Val Thr Asp Val Asp Ser Leu Lys Pro Ser Ala Ser Ala Val Pro His
 20 25 30
 Gly Pro Pro Lys Ala Lys Val Ser Glu Leu Ser Ala Leu Arg Lys Val
 35 40 45

39

His Asn Arg Asn Arg Thr Ser Val Leu Thr Asn Glu Asp Gly Gly Ile
 50 55 60
 Pro Glu Cys Asn Val Val Gly Ile Val Asn Leu Cys Val Thr Val Met
 65 70 75 80
 Val Leu Ile His Leu Arg Leu Ile Tyr Glu Ser Ile Arg Lys His Gly
 85 90 95
 Val Leu Leu Asp Thr Phe Arg Val Ala Ala His Thr Ala Leu Lys Pro
 100 105 110
 Gly Asn Phe Gln Cys Thr Leu Cys Phe Phe Ala Leu Pro Val Leu Ala
 115 120 125
 Ile Leu Ala Thr Phe Ile Glu Val Leu Ala Ser Lys Gly Gln Leu Gly
 130 135 140
 Ile Ser Leu Arg Glu His Pro Ala Cys Arg Ala Leu Tyr Asn Leu Pro
 145 150 155 160
 Tyr His Pro Cys Pro Gly His Pro Pro Leu Ser Gly Asn Ser Ser Arg
 165 170 175
 Gly Ser Leu Val Ala Asp Cys Cys Asp His Ser Leu Leu Glu Ser Trp
 180 185 190

<210> 30

<211> 1272

<212> DNA

<213> Cryptocodinium cohnii

<220>

<221> CDS

<222> (164)..(1120)

<223> DAGAT

<400> 30

ggacactgac atggactgaa ggagtagaaa gccgtagcca ttttggtca agctccagtg 60
 aacagtcgcg ccctgactgc agaggggtgc ggcacaaacc ctcagataca cacacatccc 120
 gtgagtttat agattcttgt ctcgcgctct tcttggtgcaa gcg atg gct gga aag 175
 Met Ala Gly Lys
 1
 tgg atg ctg ctc agt ggt ggt gca gca gct gca gcg ttg gcg ctt ctg 223
 Trp Met Leu Leu Ser Gly Gly Ala Ala Ala Ala Leu Ala Leu Leu
 5 10 15 20
 gag ggc acc cag ctt cga gcg tcg aca tcg gca cgc gcc cgg ata ttg 271
 Glu Gly Thr Gln Leu Arg Ala Ser Thr Ser Ala Arg Ala Arg Ile Leu
 25 30 35
 ctg gtt tcg ttg gca gca tat ctc cca acg tac ctc gat gga agc gag 319
 Leu Val Ser Leu Ala Ala Tyr Leu Pro Thr Tyr Leu Asp Gly Ser Glu
 40 45 50
 tac cgg gct gcc cct cga cga agc gag cga gcc tca cgg gtc ctg cgg 367
 Tyr Arg Ala Ala Pro Arg Arg Ser Glu Arg Ala Ser Arg Val Leu Arg

40

55	60	65	
cag ttg tac aaa gtc atg gta aat tgg ttc ttc aca atc aaa cgg cca			415
Gln Leu Tyr Lys Val Met Val Asn Trp Phe Phe Thr Ile Lys Arg Pro			
70	75	80	
gta atc gag gct tcc gaa gag ctg aca gct tgt gac cag tgc atc ttg			463
Val Ile Glu Ala Ser Glu Glu Leu Thr Ala Cys Asp Gln Cys Ile Leu			
85	90	95	100
gcg gtc cat ccc cat gga gta cct tct ctc gac cat ttg ctg acg gtc			511
Ala Val His Pro His Gly Val Pro Ser Leu Asp His Leu Leu Thr Val			
105	110	115	
atc gcc tat gat cct gac ttg gaa cgg gtg ttg ccc cag ttg cgg aga			559
Ile Ala Tyr Asp Pro Asp Leu Glu Arg Val Leu Pro Gln Leu Arg Arg			
120	125	130	
agt gcc ttg agt gca ggt gtc ctg ttc aag att ccc att ctg cgc gag			607
Ser Ala Leu Ser Ala Gly Val Leu Phe Lys Ile Pro Ile Leu Arg Glu			
135	140	145	
gtc ctt ctg tgg act ggc tgt gtc gac gct ggc ggg aag acc gtg gac			655
Val Leu Leu Trp Thr Gly Cys Val Asp Ala Gly Gly Lys Thr Val Asp			
150	155	160	
tct tgc ttg aag gct ggt ctc agc ctt tct gtt gtg ccc ggc ggc gaa			703
Ser Cys Leu Lys Ala Gly Leu Ser Leu Ser Val Val Pro Gly Gly Glu			
165	170	175	180
cgc gag caa ctt ctc gca cag cga ggg aac aag gaa atc ctc gtg ctg			751
Arg Glu Gln Leu Leu Ala Gln Arg Gly Asn Lys Glu Ile Leu Val Leu			
185	190	195	
aaa cac agg aag ggc ttt gtc aag tac gcc ttg agg cat ggc att ccg			799
Lys His Arg Lys Gly Phe Val Lys Tyr Ala Leu Arg His Gly Ile Pro			
200	205	210	
ttg gta cct gtg tat tgc ttc ggc gag aac caa ctt ttt tgg cag tcc			847
Leu Val Pro Val Tyr Cys Phe Gly Glu Asn Gln Leu Phe Trp Gln Ser			
215	220	225	
tcc ttc ctc ttc aag gtt cgc agt tgg ctg cgg cgc act ctg gga gtg			895
Ser Phe Leu Phe Lys Val Arg Ser Trp Leu Arg Arg Thr Leu Gly Val			
230	235	240	
gcg ctc gtg ttg ccc tac gga ggc tgc tgc aat ctg cct ggt gtg ccc			943
Ala Leu Val Leu Pro Tyr Gly Gly Cys Cys Asn Leu Pro Gly Val Pro			
245	250	255	260
ttc tcg gag ccg gtg cag ctc gtc gtc gga gct ccc ttg aag ctt ccg			991
Phe Ser Glu Pro Val Gln Leu Val Val Gly Ala Pro Leu Lys Leu Pro			
265	270	275	
aag atc gaa gag ccg agc gga gtg gaa ata gcc aag tgg cac gct cgg			1039
Lys Ile Glu Glu Pro Ser Gly Val Glu Ile Ala Lys Trp His Ala Arg			
280	285	290	
tac atg gag tgt ttg gaa gcc ttg ttc aag cgg cac cga gtt gaa gct			1087
Tyr Met Glu Cys Leu Glu Ala Leu Phe Lys Arg His Arg Val Glu Ala			
295	300	305	
gga tat cct gaa ttg gaa ctc gag ttc atc tga aggtttcaag tttacatgtg			1140
Gly Tyr Pro Glu Leu Glu Leu Glu Phe Ile			

41

310 315
 tctcacagtc ctccgctctg agccccactc attgtagtta ctcttctatg tgtgcaacgt 1200
 cgaccacagg agttaccgtc aaagacggtt gctccttgct gcttcgagag aaaaaaaaaa 1260
 aaaaaaaaaa aa 1272

<210> 31

<211> 318

<212> PRT

<213> *Cryptocodinium cohnii*

<400> 31

Met Ala Gly Lys Trp Met Leu Leu Ser Gly Gly Ala Ala Ala Ala Ala
 1 5 10 15
 Leu Ala Leu Leu Glu Gly Thr Gln Leu Arg Ala Ser Thr Ser Ala Arg
 20 25 30
 Ala Arg Ile Leu Leu Val Ser Leu Ala Ala Tyr Leu Pro Thr Tyr Leu
 35 40 45
 Asp Gly Ser Glu Tyr Arg Ala Ala Pro Arg Arg Ser Glu Arg Ala Ser
 50 55 60
 Arg Val Leu Arg Gln Leu Tyr Lys Val Met Val Asn Trp Phe Phe Thr
 65 70 75 80
 Ile Lys Arg Pro Val Ile Glu Ala Ser Glu Glu Leu Thr Ala Cys Asp
 85 90 95
 Gln Cys Ile Leu Ala Val His Pro His Gly Val Pro Ser Leu Asp His
 100 105 110
 Leu Leu Thr Val Ile Ala Tyr Asp Pro Asp Leu Glu Arg Val Leu Pro
 115 120 125
 Gln Leu Arg Arg Ser Ala Leu Ser Ala Gly Val Leu Phe Lys Ile Pro
 130 135 140
 Ile Leu Arg Glu Val Leu Leu Trp Thr Gly Cys Val Asp Ala Gly Gly
 145 150 155 160
 Lys Thr Val Asp Ser Cys Leu Lys Ala Gly Leu Ser Leu Ser Val Val
 165 170 175
 Pro Gly Gly Glu Arg Glu Gln Leu Leu Ala Gln Arg Gly Asn Lys Glu
 180 185 190
 Ile Leu Val Leu Lys His Arg Lys Gly Phe Val Lys Tyr Ala Leu Arg
 195 200 205
 His Gly Ile Pro Leu Val Pro Val Tyr Cys Phe Gly Glu Asn Gln Leu
 210 215 220
 Phe Trp Gln Ser Ser Phe Leu Phe Lys Val Arg Ser Trp Leu Arg Arg
 225 230 235 240
 Thr Leu Gly Val Ala Leu Val Leu Pro Tyr Gly Gly Cys Cys Asn Leu
 245 250 255
 Pro Gly Val Pro Phe Ser Glu Pro Val Gln Leu Val Val Gly Ala Pro
 260 265 270
 Leu Lys Leu Pro Lys Ile Glu Glu Pro Ser Gly Val Glu Ile Ala Lys

42

275 280 285
 Trp His Ala Arg Tyr Met Glu Cys Leu Glu Ala Leu Phe Lys Arg His
 290 295 300
 Arg Val Glu Ala Gly Tyr Pro Glu Leu Glu Leu Glu Phe Ile
 305 310 315
 <210> 32

 <211> 448
 <212> DNA
 <213> Cryptocodinium cohnii

 <220>
 <221> CDS
 <222> (1) .. (426)
 <223> DAGAT

 <400> 32

 atc aag atg gtg ccg ttt ttg aag aac gtg ctg ggg ctc ttt ggg ctg 48
 Ile Lys Met Val Pro Phe Leu Lys Asn Val Leu Gly Leu Phe Gly Leu
 1 5 10 15
 atc gac gcg agc aag cag gtg ttg gtc aag cga ttg aag cgc cca ggt 96
 Ile Asp Ala Ser Lys Gln Val Leu Val Lys Arg Leu Lys Arg Pro Gly
 20 25 30
 ggt tcc ctg gtg att tac atc gga ggg atg gtg gag ctc ttc atg tcc 144
 Gly Ser Leu Val Ile Tyr Ile Gly Gly Met Val Glu Leu Phe Met Ser
 35 40 45
 agc ccc aag cag gaa gtc gtc ttc ttg aag aag agg aag ggt ttt atc 192
 Ser Pro Lys Gln Glu Val Val Phe Leu Lys Lys Arg Lys Gly Phe Ile
 50 55 60
 cga ctc gct ctg agc aca ggt gcc gat gtc gtg ccg atc tac ttg ttc 240
 Arg Leu Ala Leu Ser Thr Gly Ala Asp Val Val Pro Ile Tyr Leu Phe
 65 70 75 80
 ggc aac acc acc gtg ctc tca gtg ctg acc gct ggc cct ctg gcc tct 288
 Gly Asn Thr Thr Val Leu Ser Val Leu Thr Ala Gly Pro Leu Ala Ser
 85 90 95
 ctg agc cgt gcc gcc ggg gtg tca gtg acc att ttt tgg gga cgc ttc 336
 Leu Ser Arg Ala Ala Gly Val Ser Val Thr Ile Phe Trp Gly Arg Phe
 100 105 110
 ggc ttg ccg atg ccc tac ccc gtc aag ctc acc tat gcc cgt ggc cgt 384
 Gly Leu Pro Met Pro Tyr Pro Val Lys Leu Thr Tyr Ala Arg Gly Arg
 115 120 125
 ccc atc ggt ctc cct cat atc gaa atc cta cag atg aga cat 426
 Pro Ile Gly Leu Pro His Ile Glu Ile Leu Gln Met Arg His
 130 135 140
 tgaccgttgg catgacgtgt ac 448

43

<210> 33

<211> 142

<212> PRT

<213> *Cryptocodinium cohnii*

<400> 33

Ile Lys Met. Val Pro Phe Leu Lys Asn Val Leu Gly Leu Phe Gly Leu
 1 5 10 15
 Ile Asp. Ala Ser Lys Gln Val Leu Val Lys Arg Leu Lys Arg Pro Gly
 20 25 30
 Gly Ser Leu Val Ile Tyr Ile Gly Gly Met Val Glu Leu Phe Met Ser
 35 40 45
 Ser Pro Lys Gln Glu Val Val Phe Leu Lys Lys Arg Lys Gly Phe Ile
 50 55 60
 Arg Leu Ala Leu Ser Thr Gly Ala Asp Val Val Pro Ile Tyr Leu Phe
 65 70 75 80
 Gly Asn Thr Thr Val Leu Ser Val Leu Thr Ala Gly Pro Leu Ala Ser
 85 90 95
 Leu Ser Arg Ala Ala Gly Val Ser Val Thr Ile Phe Trp Gly Arg Phe
 100 105 110
 Gly Leu Pro Met Pro Tyr Pro Val Lys Leu Thr Tyr Ala Arg Gly Arg
 115 120 125
 Pro Ile Gly Leu Pro His Ile Glu Ile Leu Gln Met Arg His
 130 135 140

<210> 34

<211> 1757

<212> DNA

<213> *Physcomitrella patens*

<220>

<221> CDS

<222> (76)..(1578)

<223> LCAT

<400> 34

ggcgcgccag aggacgagac aagggggact tgtgagaatc ttcgagcttc aacctgtcaa 60
 gcttcggtct ccacc atg tgt tca att tct tgt gga tcc act ccg cag caa 111
 Met Cys Ser Ile Ser Cys Gly Ser Thr Pro Gln Gln
 1 5 10
 ctc tgt cat tac agg aag agc ggg gag ctg att aca aga aag agt cgc 159
 Leu Cys His Tyr Arg Lys Ser Gly Glu Leu Ile Thr Arg Lys Ser Arg
 15 20 25
 gca gct att cgg tgg tgg agg tat ggc caa caa tgc aag gtg ctg ttg 207

44

Ala Ala Ile Arg Trp Trp Arg Tyr Gly Gln Gln Cys Lys Val Leu Leu	
30 35 40	
ccg ttg gat ttg att cga tca tcg tct caa ttc ttc atc gta gtt ctc	255
Pro Leu Asp Leu Ile Arg Ser Ser Ser Gln Phe Phe Ile Val Val Leu	
45 50 55 60	
act ctg acg ctc ttc ctg ttc acc acg tgt gga gct gtg cat act gcg	303
Thr Leu Thr Leu Phe Leu Phe Thr Thr Cys Gly Ala Val His Thr Ala	
65 70 75	
gca caa gac aga tca ttc gca aca ttg agc caa aga tca aga gcg tct	351
Ala Gln Asp Arg Ser Phe Ala Thr Leu Ser Gln Arg Ser Arg Ala Ser	
80 85 90	
ctc ttc agt gtg gga cgg gca caa gca agg aac aaa cac cat ttg gcg	399
Leu Phe Ser Val Gly Arg Ala Gln Ala Arg Asn Lys His His Leu Ala	
95 100 105	
ccg gtg gtc ata gtt cca ggc acc ggc ggg aat caa cta gag gcc agg	447
Pro Val Val Ile Val Pro Gly Thr Gly Gly Asn Gln Leu Glu Ala Arg	
110 115 120	
ttg aca gct gat tac gag gct aac aag cca tgg tgc tac agc ttc aga	495
Leu Thr Ala Asp Tyr Glu Ala Asn Lys Pro Trp Cys Tyr Ser Phe Arg	
125 130 135 140	
aaa gat tac ttc agg ttg tgg ctg gat gtg aaa aca ctg ttt cca cct	543
Lys Asp Tyr Phe Arg Leu Trp Leu Asp Val Lys Thr Leu Phe Pro Pro	
145 150 155	
ttc acg acg tgt ttc gcc gac cgc ctg agc ttg gac tac aac ccg cag	591
Phe Thr Thr Cys Phe Ala Asp Arg Leu Ser Leu Asp Tyr Asn Pro Gln	
160 165 170	
tcc gat gcc tat agc aac atc aag ggc gtg aag acg cgg gta ccg ttt	639
Ser Asp Ala Tyr Ser Asn Ile Lys Gly Val Lys Thr Arg Val Pro Phe	
175 180 185	
ttt ggt act acc gaa gga atg gag tac ctg gat ccc tca ctc aaa ttc	687
Phe Gly Thr Thr Glu Gly Met Glu Tyr Leu Asp Pro Ser Leu Lys Phe	
190 195 200	
ttg aca ggc tac atg ata cac ttg gtg aac gca tta aaa gct cat ggt	735
Leu Thr Gly Tyr Met Ile His Leu Val Asn Ala Leu Lys Ala His Gly	
205 210 215 220	
tac gag aac gga aag tca tta tac gga gct cca tac gac ttt cgg ttc	783
Tyr Glu Asn Gly Lys Ser Leu Tyr Gly Ala Pro Tyr Asp Phe Arg Phe	
225 230 235	
gca ccg ggg cca cat gca tcc aac gta gct cta gag tac ctg aaa gac	831
Ala Pro Gly Pro His Ala Ser Asn Val Ala Leu Glu Tyr Leu Lys Asp	
240 245 250	
ctg aaa gat ctc ata gaa acc gcg tac tca gta aat gcc aac gag ccg	879
Leu Lys Asp Leu Ile Glu Thr Ala Tyr Ser Val Asn Ala Asn Glu Pro	
255 260 265	
gtg gtc atc ctc gct cac agc atg ggc ggg ttg tgg act ctc ttc ttc	927
Val Val Ile Leu Ala His Ser Met Gly Gly Leu Trp Thr Leu Phe Phe	
270 275 280	
ctg aac cag caa tcc atg gag tgg agg aac aaa tac gtt tcc cgc ttt	975

45

Leu Asn Gln Gln Ser Met Glu Trp Arg Asn Lys Tyr Val Ser Arg Phe
 285 290 295 300
 gtg tct gta gct acc ccg tgg gga ggg gcg gtc gaa cag atg atg acc 1023
 Val Ser Val Ala Thr Pro Trp Gly Gly Ala Val Glu Gln Met Met Thr
 305 310 315
 ttc gca tcc ggc aat ccg gag gga gtt ccc ttt gtg aac tcc ctg gtc 1071
 Phe Ala Ser Gly Asn Pro Glu Gly Val Pro Phe Val Asn Ser Leu Val
 320 325 330
 gtg cgc gaa gag cag cgg cgc tca gag tct aac ttg tgg ctg ctg cca 1119
 Val Arg Glu Gln Arg Arg Ser Glu Ser Asn Leu Trp Leu Leu Pro
 335 340 345
 gtg cgg cgc tgc ttc aga gac cga cca ttg gta att acc tcg tcg cgc 1167
 Val Arg Arg Cys Phe Arg Asp Arg Pro Leu Val Ile Thr Ser Ser Arg
 350 355 360
 aac tac aca gct ggg gac atg gaa cag ttt ctg tgc gac atc ggt ttc 1215
 Asn Tyr Thr Ala Gly Asp Met Glu Gln Phe Leu Cys Asp Ile Gly Phe
 365 370 375 380
 cct gaa ggg gtc gcg cca tac aaa tcc cgg ata ccg cac cta acg gac 1263
 Pro Glu Gly Val Ala Pro Tyr Lys Ser Arg Ile Pro His Leu Thr Asp
 385 390 395
 att cta caa cct cct caa gtc ccc gtc acc cta att cac ggc tat ggc 1311
 Ile Leu Gln Pro Pro Gln Val Pro Val Thr Leu Ile His Gly Tyr Gly
 400 405 410
 gtg ccg acg gcg gag aca cta agc tac gag aag aag gga ttc gac aac 1359
 Val Pro Thr Ala Glu Thr Leu Ser Tyr Glu Lys Lys Gly Phe Asp Asn
 415 420 425
 cat ccc gaa atc aca gaa ggt gat ggc gac ggg acg gtg aat gtg tgc 1407
 His Pro Glu Ile Thr Glu Gly Asp Gly Asp Gly Thr Val Asn Val Cys
 430 435 440
 agc ttg acc gcg gtg gtt gag gaa tgg gag cga gtc gca ggt cag gag 1455
 Ser Leu Thr Ala Val Val Glu Glu Trp Glu Arg Val Ala Gly Gln Glu
 445 450 455 460
 ttg gaa atg att gcg ctg cat ggc aaa caa cat atg caa atc ttg cac 1503
 Leu Glu Met Ile Ala Leu His Gly Lys Gln His Met Gln Ile Leu His
 465 470 475
 gac gac cat tct gtg caa gtg atc gtg gac gcc att ctc aat gtt acc 1551
 Asp Asp His Ser Val Gln Val Ile Val Asp Ala Ile Leu Asn Val Thr
 480 485 490
 cca cag gaa cag ctt atg ttc cac taa gccctaactg taaccctaaa 1598
 Pro Gln Glu Gln Leu Met Phe His
 495 500
 cctagctcca atcctcacag gatcaggcca cattctcctt gaaaaacagc ataaggtcga 1658
 ttctccgcag cctctcttcc attccacctc cccctttgta tctctctcca ttcaattgta 1718
 caattgtttt ttatttcaaa aaaaaaaaaa aaaaaaaaaa 1757

46

<211> 500
 <212> PRT
 <213> Physcomitrella patens

<400> 35

```

Met Cys Ser Ile Ser Cys Gly Ser Thr Pro Gln Gln Leu Cys His Tyr
1      5      10      15
Arg Lys Ser Gly Glu Leu Ile Thr Arg Lys Ser Arg Ala Ala Ile Arg
20      25      30
Trp Trp Arg Tyr Gly Gln Gln Cys Lys Val Leu Leu Pro Leu Asp Leu
35      40      45
Ile Arg Ser Ser Ser Gln Phe Phe Ile Val Val Leu Thr Leu Thr Leu
50      55      60
Phe Leu Phe Thr Thr Cys Gly Ala Val His Thr Ala Ala Gln Asp Arg
65      70      75      80
Ser Phe Ala Thr Leu Ser Gln Arg Ser Arg Ala Ser Leu Phe Ser Val
85      90      95
Gly Arg Ala Gln Ala Arg Asn Lys His His Leu Ala Pro Val Val Ile
100     105     110
Val Pro Gly Thr Gly Gly Asn Gln Leu Glu Ala Arg Leu Thr Ala Asp
115     120     125
Tyr Glu Ala Asn Lys Pro Trp Cys Tyr Ser Phe Arg Lys Asp Tyr Phe
130     135     140
Arg Leu Trp Leu Asp Val Lys Thr Leu Phe Pro Pro Phe Thr Thr Cys
145     150     155     160
Phe Ala Asp Arg Leu Ser Leu Asp Tyr Asn Pro Gln Ser Asp Ala Tyr
165     170     175
Ser Asn Ile Lys Gly Val Lys Thr Arg Val Pro Phe Phe Gly Thr Thr
180     185     190
Glu Gly Met Glu Tyr Leu Asp Pro Ser Leu Lys Phe Leu Thr Gly Tyr
195     200     205
Met Ile His Leu Val Asn Ala Leu Lys Ala His Gly Tyr Glu Asn Gly
210     215     220
Lys Ser Leu Tyr Gly Ala Pro Tyr Asp Phe Arg Phe Ala Pro Gly Pro
225     230     235     240
His Ala Ser Asn Val Ala Leu Glu Tyr Leu Lys Asp Leu Lys Asp Leu
245     250     255
Ile Glu Thr Ala Tyr Ser Val Asn Ala Asn Glu Pro Val Val Ile Leu
260     265     270
Ala His Ser Met Gly Gly Leu Trp Thr Leu Phe Phe Leu Asn Gln Gln
275     280     285
Ser Met Glu Trp Arg Asn Lys Tyr Val Ser Arg Phe Val Ser Val Ala
290     295     300
Thr Pro Trp Gly Gly Ala Val Glu Gln Met Met Thr Phe Ala Ser Gly
305     310     315     320
Asn Pro Glu Gly Val Pro Phe Val Asn Ser Leu Val Val Arg Glu Glu
325     330     335

```

47

Gln Arg Arg Ser Glu Ser Asn Leu Trp Leu Leu Pro Val Arg Arg Cys
 340 345 350
 Phe Arg Asp Arg Pro Leu Val Ile Thr Ser Ser Arg Asn Tyr Thr Ala
 355 360 365
 Gly Asp Met Glu Gln Phe Leu Cys Asp Ile Gly Phe Pro Glu Gly Val
 370 375 380
 Ala Pro Tyr Lys Ser Arg Ile Pro His Leu Thr Asp Ile Leu Gln Pro
 385 390 395 400
 Pro Gln Val Pro Val Thr Leu Ile His Gly Tyr Gly Val Pro Thr Ala
 405 410 415
 Glu Thr Leu Ser Tyr Glu Lys Lys Gly Phe Asp Asn His Pro Glu Ile
 420 425 430
 Thr Glu Gly Asp Gly Asp Gly Thr Val Asn Val Cys Ser Leu Thr Ala
 435 440 445
 Val Val Glu Glu Trp Glu Arg Val Ala Gly Gln Glu Leu Glu Met Ile
 450 455 460
 Ala Leu His Gly Lys Gln His Met Gln Ile Leu His Asp Asp His Ser
 465 470 475 480
 Val Gln Val Ile Val Asp Ala Ile Leu Asn Val Thr Pro Gln Glu Gln
 485 490 495
 Leu Met Phe His
 500

<210> 36

<211> 1893

<212> DNA

<213> *Fusarium gramineum*

<220>

<221> CDS

<222> (1) .. (1893)

<223> LCAT

<400> 36

atg gga aag tcc act tta cga cgc cgg aat ggc caa gat gcg aca aat	48
Met Gly Lys Ser Thr Leu Arg Arg Arg Asn Gly Gln Asp Ala Thr Asn	
1 5 10 15	
aac gat agc gcc gac gct gac gac act ccg aga gaa gaa agc cca acg	96
Asn Asp Ser Ala Asp Ala Asp Asp Thr Pro Arg Glu Glu Ser Pro Thr	
20 25 30	
gct gag ccg acc aca cac gtt cga gtt gtt caa cac gcc gtg ccc aga	144
Ala Glu Pro Thr Thr His Val Arg Val Val Gln His Ala Val Pro Arg	
35 40 45	
acc cga aaa cgc cgc aac acc ttc gtc ttc ttc ctt ggt agt ttg ttt	192
Thr Arg Lys Arg Arg Asn Thr Phe Val Phe Phe Leu Gly Ser Leu Phe	
50 55 60	

48

gga	att	ata	gcc	gcc	gga	ttt	ttc	gct	tcc	agc	aat	gat	ctt	att	gac	240
Gly	Ile	Ile	Ala	Ala	Gly	Phe	Phe	Ala	Ser	Ser	Asn	Asp	Leu	Ile	Asp	
65					70					75					80	
ctc	ccc	gag	ttt	acc	gac	ttg	tcg	atg	gat	aac	ttg	atg	gat	gtt	ctg	288
Leu	Pro	Glu	Phe	Thr	Asp	Leu	Ser	Met	Asp	Asn	Leu	Met	Asp	Val	Leu	
				85					90					95		
cct	gcc	ggc	ttg	ata	aag	gac	atg	cgc	gac	ctt	gtt	cag	ggc	gag	cgg	336
Pro	Ala	Gly	Leu	Ile	Lys	Asp	Met	Arg	Asp	Leu	Val	Gln	Gly	Glu	Arg	
			100					105				110				
gac	att	gcc	gaa	tcg	tac	gag	cca	ttc	tct	gtt	ggc	gaa	aag	gct	cga	384
Asp	Ile	Ala	Glu	Ser	Tyr	Glu	Pro	Phe	Ser	Val	Gly	Glu	Lys	Ala	Arg	
		115				120				125						
tcc	gag	ggg	cta	gga	gtt	cac	cat	cct	atg	atc	atg	ata	cct	ggg	gtt	432
Ser	Glu	Gly	Leu	Gly	Val	His	His	Pro	Met	Ile	Met	Ile	Pro	Gly	Val	
	130					135				140						
atc	tca	act	gga	ctc	gaa	tcg	tgg	ggg	acg	gct	aat	atc	tcg	aaa	ccc	480
Ile	Ser	Thr	Gly	Leu	Glu	Ser	Trp	Gly	Thr	Ala	Asn	Ile	Ser	Lys	Pro	
145				150					155					160		
tac	ttt	aga	aaa	cga	ctt	tgg	ggg	agt	tgg	aca	atg	atg	aga	gct	ctg	528
Tyr	Phe	Arg	Lys	Arg	Leu	Trp	Gly	Ser	Trp	Thr	Met	Met	Arg	Ala	Leu	
			165					170					175			
gtt	atg	gac	aag	gag	gtt	tgg	aag	aag	cac	gtc	atg	ctc	gac	aag	agg	576
Val	Met	Asp	Lys	Glu	Val	Trp	Lys	Lys	His	Val	Met	Leu	Asp	Lys	Arg	
			180					185				190				
acg	ggc	ctt	gac	ccg	cct	gac	gta	aag	ttg	agg	gct	gcc	caa	ggg	ttc	624
Thr	Gly	Leu	Asp	Pro	Pro	Asp	Val	Lys	Leu	Arg	Ala	Ala	Gln	Gly	Phe	
		195				200				205						
gat	gcg	acc	gat	ttc	ttc	atc	acg	gga	tat	tgg	atc	tgg	agc	aaa	atc	672
Asp	Ala	Thr	Asp	Phe	Phe	Ile	Thr	Gly	Tyr	Trp	Ile	Trp	Ser	Lys	Ile	
	210					215				220						
ttt	gag	aat	ctc	gca	tcc	atc	ggc	tac	gac	cca	acg	aac	tcg	ttc	acg	720
Phe	Glu	Asn	Leu	Ala	Ser	Ile	Gly	Tyr	Asp	Pro	Thr	Asn	Ser	Phe	Thr	
225				230					235					240		
gct	gct	tac	gat	tgg	cgc	ttg	tcg	tat	ccc	aac	ctt	gag	gta	cgg	gac	768
Ala	Ala	Tyr	Asp	Trp	Arg	Leu	Ser	Tyr	Pro	Asn	Leu	Glu	Val	Arg	Asp	
			245					250				255				
cgc	tac	ttc	act	cgg	cta	aag	tcg	cat	atc	gaa	atc	gcg	gtg	gcc	act	816
Arg	Tyr	Phe	Thr	Arg	Leu	Lys	Ser	His	Ile	Glu	Ile	Ala	Val	Ala	Thr	
		260				265				270						
gag	gac	aaa	aaa	gtc	gtc	ctc	gca	tca								

49

gga tgc atg ctt gga gca gtc aag gat ttg acc gct gtg ctc tcc ggc	1008
Gly Cys Met Leu Gly Ala Val Lys Asp Leu Thr Ala Val Leu Ser Gly	
325 330 335	
gag atg cgc gac aca gct caa ctg aac ccg ttc gct att tac ggc ctg	1056
Glu Met Arg Asp Thr Ala Gln Leu Asn Pro Phe Ala Ile Tyr Gly Leu	
340 345 350	
gaa aag ttc ttg agt aaa gag gag aga gcc gag atc ttt cgc ggc atg	1104
Glu Lys Phe Leu Ser Lys Glu Glu Arg Ala Glu Ile Phe Arg Gly Met	
355 360 365	
ccc ggg ata tcc tcc atg ttg ccc atc ggc ggc aac tct gta tgg ggt	1152
Pro Gly Ile Ser Ser Met Leu Pro Ile Gly Gly Asn Ser Val Trp Gly	
370 375 380	
aac ttg acc tgg gct cca gac gac ttg cca ggc cag aac cgt tca tat	1200
Asn Leu Thr Trp Ala Pro Asp Asp Leu Pro Gly Gln Asn Arg Ser Tyr	
385 390 395 400	
gga tct ctc ttg aac ttt agg gtc ggt tcg aac tgg aca act cct gat	1248
Gly Ser Leu Leu Asn Phe Arg Val Gly Ser Asn Trp Thr Thr Pro Asp	
405 410 415	
cgt aac ttt acc gtc gag gaa ggt gtg tcc tat ttg ctt aac aca acg	1296
Arg Asn Phe Thr Val Glu Glu Gly Val Ser Tyr Leu Leu Asn Thr Thr	
420 425 430	
gag gac tgg tat caa gac cag atc aag ggc agt tat tct cgg ggc att	1344
Glu Asp Trp Tyr Gln Asp Gln Ile Lys Gly Ser Tyr Ser Arg Gly Ile	
435 440 445	
gct cat tcc ata gat gag gtc gaa gcc aat gag aat gac ccc aag aag	1392
Ala His Ser Ile Asp Glu Val Glu Ala Asn Glu Asn Asp Pro Lys Lys	
450 455 460	
tgg atc aat cct ctc gag acg cga ttg cca ctt gct cct agc ctc aag	1440
Trp Ile Asn Pro Leu Glu Thr Arg Leu Pro Leu Ala Pro Ser Leu Lys	
465 470 475 480	
atc tac tgc ttt tat ggt gtt gga aaa ccg acc gag cga ggg tac ttc	1488
Ile Tyr Cys Phe Tyr Gly Val Gly Lys Pro Thr Glu Arg Gly Tyr Phe	
485 490 495	
tat aag cca ccg gat cag cca tca ttg acc aac ctc aac atc aca ata	1536
Tyr Lys Pro Pro Asp Gln Pro Ser Leu Thr Asn Leu Asn Ile Thr Ile	
500 505 510	
gat acg ggc tat acc gaa gga gac gtg gat cat ggc gtt gtc atg ggc	1584
Asp Thr Gly Tyr Thr Glu Gly Asp Val Asp His Gly Val Val Met Gly	
515 520 525	
gag gga gat ggt acc gtg aac ctc ctc agt aca ggc tac atg tgt aat	1632
Glu Gly Asp Gly Thr Val Asn Leu Leu Ser Thr Gly Tyr Met Cys Asn	
530 535 540	
cat ggc tgg aat atg aaa cgc tac aac cca gca ggc gtc aag gtt aca	1680
His Gly Trp Asn Met Lys Arg Tyr Asn Pro Ala Gly Val Lys Val Thr	
545 550 555 560	
gtt gtc gag atg cct cac gag ccg gac cgc ttc aat cct cga gga ggg	1728
Val Val Glu Met Pro His Glu Pro Asp Arg Phe Asn Pro Arg Gly Gly	
565 570 575	

50

cct cgc acg gcc gac cac gtt gac atc ttg ggg cga tac aac ctg aac 1776
 Pro Arg Thr Ala Asp His Val Asp Ile Leu Gly Arg Tyr Asn Leu Asn
 580 585 590
 gag ttg ctg tta cga gta gcg agc ggc aaa ggt gac acg att acg aac 1824
 Glu Leu Leu Leu Arg Val Ala Ser Gly Lys Gly Asp Thr Ile Thr Asn
 595 600 605
 tat gtt gtg agc aac atc aaa gaa tat gca tcc agg gtt aag att tac 1872
 Tyr Val Val Ser Asn Ile Lys Glu Tyr Ala Ser Arg Val Lys Ile Tyr
 610 615 620
 gat gat gag gag act tca tag 1893
 Asp Asp Glu Glu Thr Ser
 625 630

<210> 37

<211> 630

<212> PRT

<213> *Fusarium gramineum*

<400> 37

Met Gly Lys Ser Thr Leu Arg Arg Arg Asn Gly Gln Asp Ala Thr Asn
 1 5 10 15
 Asn Asp Ser Ala Asp Ala Asp Asp Thr Pro Arg Glu Glu Ser Pro Thr
 20 25 30
 Ala Glu Pro Thr Thr His Val Arg Val Val Gln His Ala Val Pro Arg
 35 40 45
 Thr Arg Lys Arg Arg Asn Thr Phe Val Phe Phe Leu Gly Ser Leu Phe
 50 55 60
 Gly Ile Ile Ala Ala Gly Phe Phe Ala Ser Ser Asn Asp Leu Ile Asp
 65 70 75 80
 Leu Pro Glu Phe Thr Asp Leu Ser Met Asp Asn Leu Met Asp Val Leu
 85 90 95
 Pro Ala Gly Leu Ile Lys Asp Met Arg Asp Leu Val Gln Gly Glu Arg
 100 105 110
 Asp Ile Ala Glu Ser Tyr Glu Pro Phe Ser Val Gly Glu Lys Ala Arg
 115 120 125
 Ser Glu Gly Leu Gly Val His His Pro Met Ile Met Ile Pro Gly Val
 130 135 140
 Ile Ser Thr Gly Leu Glu Ser Trp Gly Thr Ala Asn Ile Ser Lys Pro
 145 150 155 160
 Tyr Phe Arg Lys Arg Leu Trp Gly Ser Trp Thr Met Met Arg Ala Leu
 165 170 175
 Val Met Asp Lys Glu Val Trp Lys Lys His Val Met Leu Asp Lys Arg
 180 185 190
 Thr Gly Leu Asp Pro Pro Asp Val Lys Leu Arg Ala Ala Gln Gly Phe
 195 200 205
 Asp Ala Thr Asp Phe Phe Ile Thr Gly Tyr Trp Ile Trp Ser Lys Ile

51

210 Phe Glu Asn Leu Ala Ser Ile Gly Tyr Asp Pro Thr Asn Ser Phe Thr
 225 230 235 240
 Ala Ala Tyr Asp Trp Arg Leu Ser Tyr Pro Asn Leu Glu Val Arg Asp
 245 250 255
 Arg Tyr Phe Thr Arg Leu Lys Ser His Ile Glu Ile Ala Val Ala Thr
 260 265 270
 Glu Asp Lys Lys Val Val Leu Ala Ser His Ser Met Gly Ser Gln Val
 275 280 285
 Leu Tyr Tyr Phe Leu His Trp Val Gln Ser Glu Arg Gly Gly Arg Gly
 290 295 300
 Gly Pro Asp Trp Val Glu Arg His Ile Asp Ala Trp Ile Asn Ile Ser
 305 310 315 320
 Gly Cys Met Leu Gly Ala Val Lys Asp Leu Thr Ala Val Leu Ser Gly
 325 330 335
 Glu Met Arg Asp Thr Ala Gln Leu Asn Pro Phe Ala Ile Tyr Gly Leu
 340 345 350
 Glu Lys Phe Leu Ser Lys Glu Glu Arg Ala Glu Ile Phe Arg Gly Met
 355 360 365
 Pro Gly Ile Ser Ser Met Leu Pro Ile Gly Gly Asn Ser Val Trp Gly
 370 375 380
 Asn Leu Thr Trp Ala Pro Asp Asp Leu Pro Gly Gln Asn Arg Ser Tyr
 385 390 395 400
 Gly Ser Leu Leu Asn Phe Arg Val Gly Ser Asn Trp Thr Thr Pro Asp
 405 410 415
 Arg Asn Phe Thr Val Glu Glu Gly Val Ser Tyr Leu Leu Asn Thr Thr
 420 425 430
 Glu Asp Trp Tyr Gln Asp Gln Ile Lys Gly Ser Tyr Ser Arg Gly Ile
 435 440 445
 Ala His Ser Ile Asp Glu Val Glu Ala Asn Glu Asn Asp Pro Lys Lys
 450 455 460
 Trp Ile Asn Pro Leu Glu Thr Arg Leu Pro Leu Ala Pro Ser Leu Lys
 465 470 475 480
 Ile Tyr Cys Phe Tyr Gly Val Gly Lys Pro Thr Glu Arg Gly Tyr Phe
 485 490 495
 Tyr Lys Pro Pro Asp Gln Pro Ser Leu Thr Asn Leu Asn Ile Thr Ile
 500 505 510
 Asp Thr Gly Tyr Thr Glu Gly Asp Val Asp His Gly Val Val Met Gly
 515 520 525
 Glu Gly Asp Gly Thr Val Asn Leu Leu Ser Thr Gly Tyr Met Cys Asn
 530 535 540
 His Gly Trp Asn Met Lys Arg Tyr Asn Pro Ala Gly Val Lys Val Thr
 545 550 555 560
 Val Val Glu Met Pro His Glu Pro Asp Arg Phe Asn Pro Arg Gly Gly
 565 570 575
 Pro Arg Thr Ala Asp His Val Asp Ile Leu Gly Arg Tyr Asn Leu Asn
 580 585 590
 Glu Leu Leu Leu Arg Val Ala Ser Gly Lys Gly Asp Thr Ile Thr Asn

52

595 600 605
 Tyr Val Val Ser Asn Ile Lys Glu Tyr Ala Ser Arg Val Lys Ile Tyr
 610 615 620
 Asp Asp Glu Glu Thr Ser
 625 630

<210> 38

<211> 849

<212> DNA

<213> *Caenorhabditis elegans*

<220>

<221> CDS

<222> (1)..(849)

<223> Acyl-CoA:Lysophospholipid-Acyltransferase

<400> 38

atg gag aac ttc tgg tgc atc gtc gtg ttt ttt cta ctc tca att ctc 48
 Met Glu Asn Phe Trp Ser Ile Val Val Phe Phe Leu Leu Ser Ile Leu
 1 5 10 15
 ttc att tta tat aac ata tgc aca gta tgc cac tac tat atg cgg att 96
 Phe Ile Leu Tyr Asn Ile Ser Thr Val Cys His Tyr Tyr Met Arg Ile
 20 25 30
 tgc ttt tat tac ttc aca att tta ttg cat gga atg gaa gtt tgt gtt 144
 Ser Phe Tyr Tyr Phe Thr Ile Leu Leu His Gly Met Glu Val Cys Val
 35 40 45
 aca atg atc cct tct tgg cta aat ggg aag ggt gct gat tac gtg ttt 192
 Thr Met Ile Pro Ser Trp Leu Asn Gly Lys Gly Ala Asp Tyr Val Phe
 50 55 60
 cac tgc ttt ttc tat tgg tgt aaa tgg act ggt gtt cat aca aca gtc 240
 His Ser Phe Phe Tyr Trp Cys Lys Trp Thr Gly Val His Thr Thr Val
 65 70 75 80
 tat gga tat gaa aaa aca caa gtt gaa ggt ccg gct gta gtt att tgt 288
 Tyr Gly Tyr Glu Lys Thr Gln Val Glu Gly Pro Ala Val Val Ile Cys
 85 90 95
 aat cat cag agt tct ctc gac att cta tgc atg gca tca atc tgg ccg 336
 Asn His Gln Ser Ser Leu Asp Ile Leu Ser Met Ala Ser Ile Trp Pro
 100 105 110
 aag aat tgt gtt gta atg atg aaa cga att ctt gcc tat gtt cca ttc 384
 Lys Asn Cys Val Val Met Met Lys Arg Ile Leu Ala Tyr Val Pro Phe
 115 120 125
 ttc aat ctc gga gcc tac ttt tcc aac aca atc ttc atc gat cga tat 432
 Phe Asn Leu Gly Ala Tyr Phe Ser Asn Thr Ile Phe Ile Asp Arg Tyr
 130 135 140
 aac cgt gaa cgt gcg atg gct tca gtt gat tat tgt gca tct gaa atg 480
 Asn Arg Glu Arg Ala Met Ala Ser Val Asp Tyr Cys Ala Ser Glu Met

53

145	150	155	160	
aag aac aga aat ctt aaa ctt tgg gta ttt ccg gaa gga aca aga aat				528
Lys Asn Arg Asn Leu Lys Leu Trp Val Phe Pro Glu Gly Thr Arg Asn				
	165	170	175	
cgt gaa gga ggg ttc att cca ttc aag aaa gga gca ttc aat att gca				576
Arg Glu Gly Gly Phe Ile Pro Phe Lys Lys Gly Ala Phe Asn Ile Ala				
	180	185	190	
ggt cgt gcg cag att ccc att att cca gtt gta ttc tca gac tat cgg				624
Val Arg Ala Gln Ile Pro Ile Ile Pro Val Val Phe Ser Asp Tyr Arg				
	195	200	205	
gat ttc tac tca aag cca ggc cga tat ttc aag aat gat gga gaa gtt				672
Asp Phe Tyr Ser Lys Pro Gly Arg Tyr Phe Lys Asn Asp Gly Glu Val				
	210	215	220	
ggt att cga gtt ctg gat gcg att cca aca aaa ggg ctc act ctt gat				720
Val Ile Arg Val Leu Asp Ala Ile Pro Thr Lys Gly Leu Thr Leu Asp				
	225	230	235	240
gac gtc agc gag ttg tct gat atg tgt cgg gac gtt atg ttg gca gcc				768
Asp Val Ser Glu Leu Ser Asp Met Cys Arg Asp Val Met Leu Ala Ala				
	245	250	255	
tat aag gaa gtt act cta gaa gct cag caa cga aat gcg aca cgg cgt				816
Tyr Lys Glu Val Thr Leu Glu Ala Gln Gln Arg Asn Ala Thr Arg Arg				
	260	265	270	
gga gaa aca aaa gac ggg aag aaa tct gag taa				849
Gly Glu Thr Lys Asp Gly Lys Lys Ser Glu				
	275	280		

<210> 39

<211> 282

<212> PRT

<213> Caenorhabditis elegans

<400> 39

Met Glu Asn Phe Trp Ser Ile Val Val Phe Phe Leu Leu Ser Ile Leu	
1	5 10 15
Phe Ile Leu Tyr Asn Ile Ser Thr Val Cys His Tyr Tyr Met Arg Ile	
	20 25 30
Ser Phe Tyr Tyr Phe Thr Ile Leu Leu His Gly Met Glu Val Cys Val	
	35 40 45
Thr Met Ile Pro Ser Trp Leu Asn Gly Lys Gly Ala Asp Tyr Val Phe	
	50 55 60
His Ser Phe Phe Tyr Trp Cys Lys Trp Thr Gly Val His Thr Thr Val	
65	70 75 80
Tyr Gly Tyr Glu Lys Thr Gln Val Glu Gly Pro Ala Val Val Ile Cys	
	85 90 95
Asn His Gln Ser Ser Leu Asp Ile Leu Ser Met Ala Ser Ile Trp Pro	
	100 105 110

54

Lys Asn Cys Val Val Met Met Lys Arg Ile Leu Ala Tyr Val Pro Phe
 115 120 125
 Phe Asn Leu Gly Ala Tyr Phe Ser Asn Thr Ile Phe Ile Asp Arg Tyr
 130 135 140
 Asn Arg Glu Arg Ala Met Ala Ser Val Asp Tyr Cys Ala Ser Glu Met
 145 150 155 160
 Lys Asn Arg Asn Leu Lys Leu Trp Val Phe Pro Glu Gly Thr Arg Asn
 165 170 175
 Arg Glu Gly Gly Phe Ile Pro Phe Lys Lys Gly Ala Phe Asn Ile Ala
 180 185 190
 Val Arg Ala Gln Ile Pro Ile Ile Pro Val Val Phe Ser Asp Tyr Arg
 195 200 205
 Asp Phe Tyr Ser Lys Pro Gly Arg Tyr Phe Lys Asn Asp Gly Glu Val
 210 215 220
 Val Ile Arg Val Leu Asp Ala Ile Pro Thr Lys Gly Leu Thr Leu Asp
 225 230 235 240
 Asp Val Ser Glu Leu Ser Asp Met Cys Arg Asp Val Met Leu Ala Ala
 245 250 255
 Tyr Lys Glu Val Thr Leu Glu Ala Gln Gln Arg Asn Ala Thr Arg Arg
 260 265 270
 Gly Glu Thr Lys Asp Gly Lys Lys Ser Glu
 275 280

<210> 40

<211> 849

<212> DNA

<213> *Caenorhabditis elegans*

<220>

<221> CDS

<222> (1)..(849)

<223> Acyl-CoA:Lysophospholipid-Acyltransferase

<400> 40

atg gag aac ttc tgg tcg atc gtc gtg ttt ttt cta ctc tca att ctc	48
Met Glu Asn Phe Trp Ser Ile Val Val Phe Phe Leu Leu Ser Ile Leu	
1 5 10 15	
ttc att tta tat aac ata tcg aca gta tgc cac tac tat atg cgg att	96
Phe Ile Leu Tyr Asn Ile Ser Thr Val Cys His Tyr Tyr Met Arg Ile	
20 25 30	
tcg ttt tat tac ttc aca att tta ttg cat gga atg gaa gtt tgt gtt	144
Ser Phe Tyr Tyr Phe Thr Ile Leu His Gly Met Glu Val Cys Val	
35 40 45	
aca atg atc cct tct tgg cta aat ggg aag ggt gct gat tac gtg ttt	192
Thr Met Ile Pro Ser Trp Leu Asn Gly Lys Gly Ala Asp Tyr Val Phe	
50 55 60	
cac tcg ttt ttc tat tgg tgt aaa tgg act ggt gtt cat aca aca gtc	240

56

<400> 41

Met Glu Asn Phe Trp Ser Ile Val Val Phe Phe Leu Leu Ser Ile Leu
1 5 10 15
Phe Ile Leu Tyr Asn Ile Ser Thr Val Cys His Tyr Tyr Met Arg Ile
20 25 30
Ser Phe Tyr Tyr Phe Thr Ile Leu Leu His Gly Met Glu Val Cys Val
35 40 45
Thr Met Ile Pro Ser Trp Leu Asn Gly Lys Gly Ala Asp Tyr Val Phe
50 55 60
His Ser Phe Phe Tyr Trp Cys Lys Trp Thr Gly Val His Thr Thr Val
65 70 75 80
Tyr Gly Tyr Glu Lys Thr Gln Val Glu Gly Pro Ala Val Val Ile Cys
85 90 95
Asn His Gln Ser Ser Leu Asp Ile Leu Ser Met Ala Ser Ile Trp Pro
100 105 110
Lys Asn Cys Val Val Met Met Lys Arg Ile Leu Ala Tyr Val Pro Phe
115 120 125
Phe Asn Leu Gly Ala Tyr Phe Ser Asn Thr Ile Phe Ile Asp Arg Tyr
130 135 140
Asn Arg Glu Arg Ala Met Ala Ser Val Asp Tyr Cys Ala Ser Glu Met
145 150 155 160
Lys Asn Arg Asn Leu Lys Leu Trp Val Ser Pro Glu Gly Thr Arg Asn
165 170 175
Arg Glu Gly Gly Phe Ile Pro Phe Lys Lys Gly Ala Phe Asn Ile Ala
180 185 190
Val Arg Ala Gln Ile Pro Ile Ile Pro Val Val Phe Ser Asp Tyr Arg
195 200 205
Asp Phe Tyr Ser Lys Pro Gly Arg Tyr Phe Lys Asn Asp Gly Glu Val
210 215 220
Val Ile Arg Val Leu Asp Ala Ile Pro Thr Lys Gly Leu Thr Leu Asp
225 230 235 240
Asp Val Ser Glu Leu Ser Asp Met Cys Arg Asp Val Met Leu Ala Ala
245 250 255
Tyr Lys Glu Val Thr Leu Glu Ala Gln Gln Arg Asn Ala Thr Arg Arg
260 265 270
Gly Glu Thr Lys Asp Gly Lys Lys Ser Glu
275 280

<210> 42

<211> 849

<212> DNA

<213> Caenorhabditis elegans

<220>

<221> CDS

57

<222> (1)..(849)

<223> Acyl-CoA:Lysophospholipid-Acyltransferase

<400> 42

atg gag aac ttc tgg tcg atc gtc gtg ttt ttt cta ctc tca att ctc	48
Met Glu Asn Phe Trp Ser Ile Val Val Phe Phe Leu Leu Ser Ile Leu	
1 5 10 15	
ttc att tta tat aac ata tcg aca gta tgc cac tac tat gtg cgg att	96
Phe Ile Leu Tyr Asn Ile Ser Thr Val Cys His Tyr Tyr Val Arg Ile	
20 25 30	
tcg ttt tat tac ttc aca att tta ttg cat gga atg gaa gtt tgt gtt	144
Ser Phe Tyr Tyr Phe Thr Ile Leu Leu His Gly Met Glu Val Cys Val	
35 40 45	
aca atg atc cct tct tgg cta aat ggg aag ggt gct gat tac gtg ttt	192
Thr Met Ile Pro Ser Trp Leu Asn Gly Lys Gly Ala Asp Tyr Val Phe	
50 55 60	
cac tcg ttt ttc tat tgg tgt aaa tgg act ggt gtt cat aca aca gtc	240
His Ser Phe Phe Tyr Trp Cys Lys Trp Thr Gly Val His Thr Thr Val	
65 70 75 80	
tat gga tat gaa aaa aca caa gtt gaa ggt ccg gct gta gtt att tgt	288
Tyr Gly Tyr Glu Lys Thr Gln Val Glu Gly Pro Ala Val Val Ile Cys	
85 90 95	
aat cat cag agt tct ctc gac att cta tcg atg gca tca atc tgg ccg	336
Asn His Gln Ser Ser Leu Asp Ile Leu Ser Met Ala Ser Ile Trp Pro	
100 105 110	
aag aat tgt gtt gta atg atg aaa cga att ctt gcc tat gtt cca ttc	384
Lys Asn Cys Val Val Met Met Lys Arg Ile Leu Ala Tyr Val Pro Phe	
115 120 125	
ttc aat ctc gga gcc tac ttt tcc aac aca atc ttc atc gat cga tat	432
Phe Asn Leu Gly Ala Tyr Phe Ser Asn Thr Ile Phe Ile Asp Arg Tyr	
130 135 140	
aac cgt gaa cgt gcg atg gct tca gtt gat tat tgt gca tct gaa atg	480
Asn Arg Glu Arg Ala Met Ala Ser Val Asp Tyr Cys Ala Ser Glu Met	
145 150 155 160	
aag aac aga aat ctt aaa ctt tgg gta ttt ccg gaa gga aca aga aat	528
Lys Asn Arg Asn Leu Lys Leu Trp Val Phe Pro Glu Gly Thr Arg Asn	
165 170 175	
cgt gaa gga ggg ttc att cca ttc aag aaa gga gca ttc aat att gca	576
Arg Glu Gly Gly Phe Ile Pro Phe Lys Lys Gly Ala Phe Asn Ile Ala	
180 185 190	
gtt cgt gcg cag att ccc att att cca gtt gta ttc tca gac tat cgg	624
Val Arg Ala Gln Ile Pro Ile Ile Pro Val Val Phe Ser Asp Tyr Arg	
195 200 205	
gat ttc tac tca aag cca ggc cga tat ttc aag aat gat gga gaa gtt	672
Asp Phe Tyr Ser Lys Pro Gly Arg Tyr Phe Lys Asn Asp Gly Glu Val	
210 215 220	
gtt att cga gtt ctg gat gcg att cca aca aaa ggg ctc act ctt gat	720

58

Val Ile Arg Val Leu Asp Ala Ile Pro Thr Lys Gly Leu Thr Leu Asp
 225 230 235 240
 gac gtc agc gag ttg tct gat atg tgt cgg gac gtt atg ttg gca gcc 768
 Asp Val Ser Glu Leu Ser Asp Met Cys Arg Asp Val Met Leu Ala Ala
 245 250 255
 tat aag gaa gtt act cta gaa gct cag caa cga aat gcg aca cgg cgt 816
 Tyr Lys Glu Val Thr Leu Glu Ala Gln Gln Arg Asn Ala Thr Arg Arg
 260 265 270
 gga gaa aca aaa gac ggg aag aaa tct gag taa 849
 Gly Glu Thr Lys Asp Gly Lys Lys Ser Glu
 275 280

<210> 43

<211> 282

<212> PRT

<213> Caenorhabditis elegans

<400> 43

Met Glu Asn Phe Trp Ser Ile Val Val Phe Phe Leu Leu Ser Ile Leu
 1 5 10 15
 Phe Ile Leu Tyr Asn Ile Ser Thr Val Cys His Tyr Tyr Val Arg Ile
 20 25 30
 Ser Phe Tyr Tyr Phe Thr Ile Leu Leu His Gly Met Glu Val Cys Val
 35 40 45
 Thr Met Ile Pro Ser Trp Leu Asn Gly Lys Gly Ala Asp Tyr Val Phe
 50 55 60
 His Ser Phe Phe Tyr Trp Cys Lys Trp Thr Gly Val His Thr Thr Val
 65 70 75 80
 Tyr Gly Tyr Glu Lys Thr Gln Val Glu Gly Pro Ala Val Val Ile Cys
 85 90 95
 Asn His Gln Ser Ser Leu Asp Ile Leu Ser Met Ala Ser Ile Trp Pro
 100 105 110
 Lys Asn Cys Val Val Met Met Lys Arg Ile Leu Ala Tyr Val Pro Phe
 115 120 125
 Phe Asn Leu Gly Ala Tyr Phe Ser Asn Thr Ile Phe Ile Asp Arg Tyr
 130 135 140
 Asn Arg Glu Arg Ala Met Ala Ser Val Asp Tyr Cys Ala Ser Glu Met
 145 150 155 160
 Lys Asn Arg Asn Leu Lys Leu Trp Val Phe Pro Glu Gly Thr Arg Asn
 165 170 175
 Arg Glu Gly Gly Phe Ile Pro Phe Lys Lys Gly Ala Phe Asn Ile Ala
 180 185 190
 Val Arg Ala Gln Ile Pro Ile Ile Pro Val Val Phe Ser Asp Tyr Arg
 195 200 205
 Asp Phe Tyr Ser Lys Pro Gly Arg Tyr Phe Lys Asn Asp Gly Glu Val
 210 215 220

59

Val Ile Arg Val Leu Asp Ala Ile Pro Thr Lys Gly Leu Thr Leu Asp
 225 230 235 240
 Asp Val Ser Glu Leu Ser Asp Met Cys Arg Asp Val Met Leu Ala Ala
 245 250 255
 Tyr Lys Glu Val Thr Leu Glu Ala Gln Gln Arg Asn Ala Thr Arg Arg
 260 265 270
 Gly Glu Thr Lys Asp Gly Lys Lys Ser Glu
 275 280

<210> 44

<211> 849

<212> DNA

<213> *Caenorhabditis elegans*

<220>

<221> CDS

<222> (1) .. (849)

<223> Acyl-CoA:Lysophospholipid-Acyltransferase

<400> 44

atg gag aac ttc tgg tcg atc gtc gtg ttt ttt cta ctc tca att ctc	48
Met Glu Asn Phe Trp Ser Ile Val Val Phe Phe Leu Leu Ser Ile Leu	
1 5 10 15	
ttc att tta tat aac ata tcg aca gta tgc cac tac tat atg cgg att	96
Phe Ile Leu Tyr Asn Ile Ser Thr Val Cys His Tyr Tyr Met Arg Ile	
20 25 30	
tcg ttt tat tac ttc aca att tta ttg cat gga atg gaa gtt tgt gtt	144
Ser Phe Tyr Tyr Phe Thr Ile Leu Leu His Gly Met Glu Val Cys Val	
35 40 45	
aca atg atc cct tct tgg cta aat ggg aag ggt gct gat tac gtg ttt	192
Thr Met Ile Pro Ser Trp Leu Asn Gly Lys Gly Ala Asp Tyr Val Phe	
50 55 60	
cac tcg ttt ttc tat tgg tgt aaa tgg act ggt gtt cat aca aca gtc	240
His Ser Phe Phe Tyr Trp Cys Lys Trp Thr Gly Val His Thr Thr Val	
65 70 75 80	
tat gga tat gaa aaa aca caa gtt gaa ggt ccg gcc gta gtt att tgt	288
Tyr Gly Tyr Glu Lys Thr Gln Val Glu Gly Pro Ala Val Val Ile Cys	
85 90 95	
aat cat cag ggt tct ctc gac att cta tcg atg gca tca atc tgg ccg	336
Asn His Gln Gly Ser Leu Asp Ile Leu Ser Met Ala Ser Ile Trp Pro	
100 105 110	
aag aat tgt gtt gta atg atg aaa cga att ctt gcc tat gtt cca ttc	384
Lys Asn Cys Val Val Met Met Lys Arg Ile Leu Ala Tyr Val Pro Phe	
115 120 125	
ttc aat ctc gga gcc tac ttt tcc aac aca atc ttc atc gat cga tat	432

60

Phe Asn Leu Gly Ala Tyr Phe Ser Asn Thr Ile Phe Ile Asp Arg Tyr
 130 135 140
 aac cgt gaa cgt gcg atg gct tca gtt gat tat tgt gca tct gaa atg 480
 Asn Arg Glu Arg Ala Met Ala Ser Val Asp Tyr Cys Ala Ser Glu Met
 145 150 155 160
 aag aac aga aat ctt aaa ctt tgg gta ttt ccg gaa gga aca aga aat 528
 Lys Asn Arg Asn Leu Lys Leu Trp Val Phe Pro Glu Gly Thr Arg Asn
 165 170 175
 cgt gaa gga ggg ttc att cca ttc aag aaa gga gca ttc aat att gca 576
 Arg Glu Gly Gly Phe Ile Pro Phe Lys Lys Gly Ala Phe Asn Ile Ala
 180 185 190
 gtt cgt gcg cag att ccc att att cca gtt gta ttc tca gac tat cgg 624
 Val Arg Ala Gln Ile Pro Ile Ile Pro Val Val Phe Ser Asp Tyr Arg
 195 200 205
 gat ttc tac tca aag cca ggc cga tat ttc aag aat gat gga gaa gtt 672
 Asp Phe Tyr Ser Lys Pro Gly Arg Tyr Phe Lys Asn Asp Gly Glu Val
 210 215 220
 gtt att cga gtt ctg gat gcg att cca aca aaa ggg ctc act ctt gat 720
 Val Ile Arg Val Leu Asp Ala Ile Pro Thr Lys Gly Leu Thr Leu Asp
 225 230 235 240
 gac gtc agc gag ttg tct gat atg tgt cgg gac gtt atg ttg gca gcc 768
 Asp Val Ser Glu Leu Ser Asp Met Cys Arg Asp Val Met Leu Ala Ala
 245 250 255
 tat aag gaa gtt act cta gaa gct cag caa cga aat gcg aca cgg cgt 816
 Tyr Lys Glu Val Thr Leu Glu Ala Gln Gln Arg Asn Ala Thr Arg Arg
 260 265 270
 gga gaa aca aaa gac ggg aag aaa tct gag taa 849
 Gly Glu Thr Lys Asp Gly Lys Lys Ser Glu
 275 280

<210> 45

<211> 282

<212> PRT

<213> Caenorhabditis elegans

<400> 45

Met Glu Asn Phe Trp Ser Ile Val Val Phe Phe Leu Leu Ser Ile Leu
 1 5 10 15
 Phe Ile Leu Tyr Asn Ile Ser Thr Val Cys His Tyr Tyr Met Arg Ile
 20 25 30
 Ser Phe Tyr Tyr Phe Thr Ile Leu Leu His Gly Met Glu Val Cys Val
 35 40 45
 Thr Met Ile Pro Ser Trp Leu Asn Gly Lys Gly Ala Asp Tyr Val Phe
 50 55 60
 His Ser Phe Phe Tyr Trp Cys Lys Trp Thr Gly Val His Thr Thr Val
 65 70 75 80

atg gta ttc gcg ggc ggt gga ctt cag cag ggc tct ctc gaa gaa aac	48
Met Val Phe Ala Gly Gly Leu Gln Gln Gly Ser Leu Glu Glu Asn	
1 5 10 15	
atc gac gtc gag cac att gcc agt atg tct ctc ttc agc gac ttc ttc	96
Ile Asp Val Glu His Ile Ala Ser Met Ser Leu Phe Ser Asp Phe Phe	
20 25 30	
agt tat gtg tct tca act gtt ggt tcg tgg agc gta cac agt ata caa	144
Ser Tyr Val Ser Ser Thr Val Gly Ser Trp Ser Val His Ser Ile Gln	

62

35	40	45	
cct ttg aag cgc ctg acg agt aag aag cgt gtt tcg gaa agc gct gcc			192
Pro Leu Lys Arg Leu Thr Ser Lys Lys Arg Val Ser Glu Ser Ala Ala			
50	55	60	
gtg caa tgt ata tca gct gaa gtt cag aga aat tcg agt acc cag gga			240
Val Gln Cys Ile Ser Ala Glu Val Gln Arg Asn Ser Ser Thr Gln Gly			
65	70	75	80
act gcg gag gca ctc gca gaa tca gtc gtg aag ccc acg aga cga agg			288
Thr Ala Glu Ala Leu Ala Glu Ser Val Val Lys Pro Thr Arg Arg Arg			
85	90	95	
tca tct cag tgg aag aag tcg aca cac ccc cta tca gaa gta gca gta			336
Ser Ser Gln Trp Lys Lys Ser Thr His Pro Leu Ser Glu Val Ala Val			
100	105	110	
cac aac aag cca agc gat tgc tgg att gtt gta aaa aac aag gtg tat			384
His Asn Lys Pro Ser Asp Cys Trp Ile Val Val Lys Asn Lys Val Tyr			
115	120	125	
gat gtt tcc aat ttt gcg gac gag cat ccc gga gga tca gtt att agt			432
Asp Val Ser Asn Phe Ala Asp Glu His Pro Gly Gly Ser Val Ile Ser			
130	135	140	
act tat ttt gga cga gac ggc aca gat gtt ttc tct agt ttt cat gca			480
Thr Tyr Phe Gly Arg Asp Gly Thr Asp Val Phe Ser Ser Phe His Ala			
145	150	155	160
gct tct aca tgg aaa att ctt caa gac ttt tac att ggt gac gtg gag			528
Ala Ser Thr Trp Lys Ile Leu Gln Asp Phe Tyr Ile Gly Asp Val Glu			
165	170	175	
agg gtg gag ccg act cca gag ctg ctg aaa gat ttc cga gaa atg aga			576
Arg Val Glu Pro Thr Pro Glu Leu Leu Lys Asp Phe Arg Glu Met Arg			
180	185	190	
gct ctt ttc ctg agg gag caa ctt ttc aaa agt tcg aaa ttg tac tat			624
Ala Leu Phe Leu Arg Glu Gln Leu Phe Lys Ser Ser Lys Leu Tyr Tyr			
195	200	205	
gtt atg aag ctg ctc acg aat gtt gct att ttt gct gcg agc att gca			672
Val Met Lys Leu Leu Thr Asn Val Ala Ile Phe Ala Ala Ser Ile Ala			
210	215	220	
ata ata tgt tgg agc aag act att tca gcg gtt ttg gct tca gct tgt			720
Ile Ile Cys Trp Ser Lys Thr Ile Ser Ala Val Leu Ala Ser Ala Cys			
225	230	235	240
atg atg gct ctg tgt ttc caa cag tgc gga tgg cta tcc cat gat ttt			768
Met Met Ala Leu Cys Phe Gln Gln Cys Gly Trp Leu Ser His Asp Phe			
245	250	255	
ctc cac aat cag gtg ttt gag aca cgc tgg ctt aat gaa gtt gtc ggg			816
Leu His Asn Gln Val Phe Glu Thr Arg Trp Leu Asn Glu Val Val Gly			
260	265	270	
tat gtg atc ggc aac gcc gtt ctg ggg ttt agt aca ggg tgg tgg aag			864
Tyr Val Ile Gly Asn Ala Val Leu Gly Phe Ser Thr Gly Trp Trp Lys			
275	280	285	
gag aag cat aac ctt cat cat gct gct cca aat gaa tgc gat cag act			912
Glu Lys His Asn Leu His His Ala Ala Pro Asn Glu Cys Asp Gln Thr			

63

290	295	300	
tac caa cca att gat gaa gat att gat act ctc ccc ctc att gcc tgg			960
Tyr Gln Pro Ile Asp Glu Asp Ile Asp Thr Leu Pro Leu Ile Ala Trp			
305	310	315	320
agc aag gac ata ctg gcc aca gtt gag aat aag aca ttc ttg cga atc			1008
Ser Lys Asp Ile Leu Ala Thr Val Glu Asn Lys Thr Phe Leu Arg Ile			
325	330	335	
ctc caa tac cag cat ctg ttc ttc atg ggt ctg tta ttt ttc gcc cgt			1056
Leu Gln Tyr Gln His Leu Phe Phe Met Gly Leu Leu Phe Phe Ala Arg			
340	345	350	
ggg agt tgg ctc ttt tgg agc tgg aga tat acc tct aca gca gtg ctc			1104
Gly Ser Trp Leu Phe Trp Ser Trp Arg Tyr Thr Ser Thr Ala Val Leu			
355	360	365	
tca cct gtc gac agg ttg ttg gag aag gga act gtt ctg ttt cac tac			1152
Ser Pro Val Asp Arg Leu Leu Glu Lys Gly Thr Val Leu Phe His Tyr			
370	375	380	
ttt tgg ttc gtc ggg aca gcg tgc tat ctt ctc cct ggt tgg aag cca			1200
Phe Trp Phe Val Gly Thr Ala Cys Tyr Leu Leu Pro Gly Trp Lys Pro			
385	390	395	400
tta gta tgg atg gcg gtg act gag ctc atg tcc ggc atg ctg ctg ggc			1248
Leu Val Trp Met Ala Val Thr Glu Leu Met Ser Gly Met Leu Leu Gly			
405	410	415	
ttt gta ttt gta ctt agc cac aat ggg atg gag gtt tat aat tcg tct			1296
Phe Val Phe Val Leu Ser His Asn Gly Met Glu Val Tyr Asn Ser Ser			
420	425	430	
aaa gaa ttc gtg agt gca cag atc gta tcc aca cgg gat atc aaa gga			1344
Lys Glu Phe Val Ser Ala Gln Ile Val Ser Thr Arg Asp Ile Lys Gly			
435	440	445	
aac ata ttc aac gac tgg ttc act ggt ggc ctt aac agg caa ata gag			1392
Asn Ile Phe Asn Asp Trp Phe Thr Gly Gly Leu Asn Arg Gln Ile Glu			
450	455	460	
cat cat ctt ttc cca aca atg ccc agg cat aat tta aac aaa ata gca			1440
His His Leu Phe Pro Thr Met Pro Arg His Asn Leu Asn Lys Ile Ala			
465	470	475	480
cct aga gtg gag gtg ttc tgt aag aaa cac ggt ctg gtg tac gaa gac			1488
Pro Arg Val Glu Val Phe Cys Lys Lys His Gly Leu Val Tyr Glu Asp			
485	490	495	
gta tct att gct acc ggc act tgc aag gtt ttg aaa gca ttg aag gaa			1536
Val Ser Ile Ala Thr Gly Thr Cys Lys Val Leu Lys Ala Leu Lys Glu			
500	505	510	
gtc gcg gag gct gcg gca gag cag cat gct acc acc agt taa			1578
Val Ala Glu Ala Ala Ala Glu Gln His Ala Thr Thr Ser			
515	520	525	

<210> 47

<211> 525

<212> PRT

64

<213> Physcomitrella patens

<400> 47

Met Val Phe Ala Gly Gly Gly Leu Gln Gln Gly Ser Leu Glu Glu Asn
1 5 10 15
Ile Asp Val Glu His Ile Ala Ser Met Ser Leu Phe Ser Asp Phe Phe
20 25 30
Ser Tyr Val Ser Ser Thr Val Gly Ser Trp Ser Val His Ser Ile Gln
35 40 45
Pro Leu Lys Arg Leu Thr Ser Lys Lys Arg Val Ser Glu Ser Ala Ala
50 55 60
Val Gln Cys Ile Ser Ala Glu Val Gln Arg Asn Ser Ser Thr Gln Gly
65 70 75 80
Thr Ala Glu Ala Leu Ala Glu Ser Val Val Lys Pro Thr Arg Arg Arg
85 90 95
Ser Ser Gln Trp Lys Lys Ser Thr His Pro Leu Ser Glu Val Ala Val
100 105 110
His Asn Lys Pro Ser Asp Cys Trp Ile Val Val Lys Asn Lys Val Tyr
115 120 125
Asp Val Ser Asn Phe Ala Asp Glu His Pro Gly Gly Ser Val Ile Ser
130 135 140
Thr Tyr Phe Gly Arg Asp Gly Thr Asp Val Phe Ser Ser Phe His Ala
145 150 155 160
Ala Ser Thr Trp Lys Ile Leu Gln Asp Phe Tyr Ile Gly Asp Val Glu
165 170 175
Arg Val Glu Pro Thr Pro Glu Leu Leu Lys Asp Phe Arg Glu Met Arg
180 185 190
Ala Leu Phe Leu Arg Glu Gln Leu Phe Lys Ser Ser Lys Leu Tyr Tyr
195 200 205
Val Met Lys Leu Leu Thr Asn Val Ala Ile Phe Ala Ala Ser Ile Ala
210 215 220
Ile Ile Cys Trp Ser Lys Thr Ile Ser Ala Val Leu Ala Ser Ala Cys
225 230 235 240
Met Met Ala Leu Cys Phe Gln Gln Cys Gly Trp Leu Ser His Asp Phe
245 250 255
Leu His Asn Gln Val Phe Glu Thr Arg Trp Leu Asn Glu Val Val Gly
260 265 270
Tyr Val Ile Gly Asn Ala Val Leu Gly Phe Ser Thr Gly Trp Trp Lys
275 280 285
Glu Lys His Asn Leu His His Ala Ala Pro Asn Glu Cys Asp Gln Thr
290 295 300
Tyr Gln Pro Ile Asp Glu Asp Ile Asp Thr Leu Pro Leu Ile Ala Trp
305 310 315 320
Ser Lys Asp Ile Leu Ala Thr Val Glu Asn Lys Thr Phe Leu Arg Ile
325 330 335
Leu Gln Tyr Gln His Leu Phe Phe Met Gly Leu Leu Phe Phe Ala Arg
340 345 350

65

Gly Ser Trp Leu Phe Trp Ser Trp Arg Tyr Thr Ser Thr Ala Val Leu
 355 360 365
 Ser Pro Val Asp Arg Leu Leu Glu Lys Gly Thr Val Leu Phe His Tyr
 370 375 380
 Phe Trp Phe Val Gly Thr Ala Cys Tyr Leu Leu Pro Gly Trp Lys Pro
 385 390 395 400
 Leu Val Trp Met Ala Val Thr Glu Leu Met Ser Gly Met Leu Leu Gly
 405 410 415
 Phe Val Phe Val Leu Ser His Asn Gly Met Glu Val Tyr Asn Ser Ser
 420 425 430
 Lys Glu Phe Val Ser Ala Gln Ile Val Ser Thr Arg Asp Ile Lys Gly
 435 440 445
 Asn Ile Phe Asn Asp Trp Phe Thr Gly Gly Leu Asn Arg Gln Ile Glu
 450 455 460
 His His Leu Phe Pro Thr Met Pro Arg His Asn Leu Asn Lys Ile Ala
 465 470 475 480
 Pro Arg Val Glu Val Phe Cys Lys Lys His Gly Leu Val Tyr Glu Asp
 485 490 495
 Val Ser Ile Ala Thr Gly Thr Cys Lys Val Leu Lys Ala Leu Lys Glu
 500 505 510
 Val Ala Glu Ala Ala Ala Glu Gln His Ala Thr Thr Ser
 515 520 525

<210> 48

<211> 1192

<212> DNA

<213> *Physcomitrella patens*

<220>

<221> CDS

<222> (58)..(930)

<223> Delta-6-Elongase

<400> 48

ctgcttcgctc tcatcttggg ggtgtgattc gggagtgggt tgagttgggtg gagcgca 57
 atg gag gtc gtg gag aga ttc tac ggt gag ttg gat ggg aag gtc tcg 105
 Met Glu Val Val Glu Arg Phe Tyr Gly Glu Leu Asp Gly Lys Val Ser
 1 5 10 15
 cag ggc gtg aat gca ttg ctg ggt agt ttt ggg gtg gag ttg acg gat 153
 Gln Gly Val Asn Ala Leu Leu Gly Ser Phe Gly Val Glu Leu Thr Asp
 20 25 30
 acg ccc act acc aaa ggc ttg ccc ctc gtt gac agt ccc aca ccc atc 201
 Thr Pro Thr Thr Lys Gly Leu Pro Leu Val Asp Ser Pro Thr Pro Ile
 35 40 45
 gtc ctc ggt gtt tct gta tac ttg act att gtc att gga ggg ctt ttg 249
 Val Leu Gly Val Ser Val Tyr Leu Thr Ile Val Ile Gly Gly Leu Leu

66

50	55	60	
tgg ata aag gcc agg gat ctg aaa cgc cgc gcc tcg gag cca ttt ttg			297
Trp Ile Lys Ala Arg Asp Leu Lys Pro Arg Ala Ser Glu Pro Phe Leu			
65	70	75	80
ctc caa gct ttg gtg ctt gtg cac aac ctg ttc tgt ttt gcg ctc agt			345
Leu Gln Ala Leu Val Leu Val His Asn Leu Phe Cys Phe Ala Leu Ser			
85	90	95	
ctg tat atg tgc gtg ggc atc gct tat cag gct att acc tgg cgg tac			393
Leu Tyr Met Cys Val Gly Ile Ala Tyr Gln Ala Ile Thr Trp Arg Tyr			
100	105	110	
tct ctc tgg ggc aat gca tac aat cct aaa cat aaa gag atg gcg att			441
Ser Leu Trp Gly Asn Ala Tyr Asn Pro Lys His Lys Glu Met Ala Ile			
115	120	125	
ctg gta tac ttg ttc tac atg tct aag tac gtg gaa ttc atg gat acc			489
Leu Val Tyr Leu Phe Tyr Met Ser Lys Tyr Val Glu Phe Met Asp Thr			
130	135	140	
gtt atc atg ata ctg aag cgc agc acc agg caa ata agc ttc ctc cac			537
Val Ile Met Ile Leu Lys Arg Ser Thr Arg Gln Ile Ser Phe Leu His			
145	150	155	160
gtt tat cat cat tct tca att tcc ctc att tgg tgg gct att gct cat			585
Val Tyr His His Ser Ser Ile Ser Leu Ile Trp Trp Ala Ile Ala His			
165	170	175	
cac gct cct ggc ggt gaa gca tat tgg tct gcg gct ctg aac tca gga			633
His Ala Pro Gly Gly Glu Ala Tyr Trp Ser Ala Ala Leu Asn Ser Gly			
180	185	190	
gtg cat gtt ctc atg tat gcg tat tac ttc ttg gct gcc tgc ctt cga			681
Val His Val Leu Met Tyr Ala Tyr Tyr Phe Leu Ala Ala Cys Leu Arg			
195	200	205	
agt agc cca aag tta aaa aat aag tac ctt ttt tgg ggc agg tac ttg			729
Ser Ser Pro Lys Leu Lys Asn Lys Tyr Leu Phe Trp Gly Arg Tyr Leu			
210	215	220	
aca caa ttc caa atg ttc cag ttt atg ctg aac tta gtg cag gct tac			777
Thr Gln Phe Gln Met Phe Gln Phe Met Leu Asn Leu Val Gln Ala Tyr			
225	230	235	240
tac gac atg aaa acg aat gcg cca tat cca caa tgg ctg atc aag att			825
Tyr Asp Met Lys Thr Asn Ala Pro Tyr Pro Gln Trp Leu Ile Lys Ile			
245	250	255	
ttg ttc tac tac atg atc tcg ttg ctg ttt ctt ttc ggc aat ttt tac			873
Leu Phe Tyr Tyr Met Ile Ser Leu Leu Phe Leu Phe Gly Asn Phe Tyr			
260	265	270	
gta caa aaa tac atc aaa ccc tct gac gga aag caa aag gga gct aaa			921
Val Gln Lys Tyr Ile Lys Pro Ser Asp Gly Lys Gln Lys Gly Ala Lys			
275	280	285	
act gag tga gctgtatcaa gccatagaaa ctctattatg ttagaacctg			970
Thr Glu			
290			
aagttggtgc tttcttatct ccacttatct ttttaagcagc atcagttttg aaatgatgtg			1030
tgggcgtggt ctgcaagtag tcatcaatat aatcggcctg agcacttcag atggattgtt			1090

67

agaacatgag taaaagcgggt tattacggtg tttattttgt accaaatcac cgcacgggtg 1150
aattgaaata tttcagattt gatcaatttc atctgaaaaa aa 1192

<210> 49

<211> 290

<212> PRT

<213> Physcomitrella patens

<400> 49

Met Glu Val Val Glu Arg Phe Tyr Gly Glu Leu Asp Gly Lys Val Ser
1 5 10 15
Gln Gly Val Asn Ala Leu Leu Gly Ser Phe Gly Val Glu Leu Thr Asp
20 25 30
Thr Pro Thr Thr Lys Gly Leu Pro Leu Val Asp Ser Pro Thr Pro Ile
35 40 45
Val Leu Gly Val Ser Val Tyr Leu Thr Ile Val Ile Gly Gly Leu Leu
50 55 60
Trp Ile Lys Ala Arg Asp Leu Lys Pro Arg Ala Ser Glu Pro Phe Leu
65 70 75 80
Leu Gln Ala Leu Val Leu Val His Asn Leu Phe Cys Phe Ala Leu Ser
85 90 95
Leu Tyr Met Cys Val Gly Ile Ala Tyr Gln Ala Ile Thr Trp Arg Tyr
100 105 110
Ser Leu Trp Gly Asn Ala Tyr Asn Pro Lys His Lys Glu Met Ala Ile
115 120 125
Leu Val Tyr Leu Phe Tyr Met Ser Lys Tyr Val Glu Phe Met Asp Thr
130 135 140
Val Ile Met Ile Leu Lys Arg Ser Thr Arg Gln Ile Ser Phe Leu His
145 150 155 160
Val Tyr His His Ser Ser Ile Ser Leu Ile Trp Trp Ala Ile Ala His
165 170 175
His Ala Pro Gly Gly Glu Ala Tyr Trp Ser Ala Ala Leu Asn Ser Gly
180 185 190
Val His Val Leu Met Tyr Ala Tyr Tyr Phe Leu Ala Ala Cys Leu Arg
195 200 205
Ser Ser Pro Lys Leu Lys Asn Lys Tyr Leu Phe Trp Gly Arg Tyr Leu
210 215 220
Thr Gln Phe Gln Met Phe Gln Phe Met Leu Asn Leu Val Gln Ala Tyr
225 230 235 240
Tyr Asp Met Lys Thr Asn Ala Pro Tyr Pro Gln Trp Leu Ile Lys Ile
245 250 255
Leu Phe Tyr Tyr Met Ile Ser Leu Leu Phe Leu Phe Gly Asn Phe Tyr
260 265 270
Val Gln Lys Tyr Ile Lys Pro Ser Asp Gly Lys Gln Lys Gly Ala Lys
275 280 285
Thr Glu

290

<210> 50

<211> 1410

<212> DNA

<213> *Phaeodactylum tricornutum*

<220>

<221> CDS

<222> (1)..(1410)

<223> Delta-5-Desaturase

<400> 50

atg gct ccg gat gcg gat aag ctt cga caa cgc cag acg act gcg gta	48
Met Ala Pro Asp Ala Asp Lys Leu Arg Gln Arg Gln Thr Thr Ala Val	
1 5 10 15	
gcg aag cac aat gct gct acc ata tcg acg cag gaa cgc ctt tgc agt	96
Ala Lys His Asn Ala Ala Thr Ile Ser Thr Gln Glu Arg Leu Cys Ser	
20 25 30	
ctg tct tcg ctc aaa ggc gaa gaa gtc tgc atc gac gga atc atc tat	144
Leu Ser Ser Leu Lys Gly Glu Glu Val Cys Ile Asp Gly Ile Ile Tyr	
35 40 45	
gac ctc caa tca ttc gat cat ccc ggg ggt gaa acg atc aaa atg ttt	192
Asp Leu Gln Ser Phe Asp His Pro Gly Gly Glu Thr Ile Lys Met Phe	
50 55 60	
ggg ggc aac gat gtc act gta cag tac aag atg att cac ccg tac cat	240
Gly Gly Asn Asp Val Thr Val Gln Tyr Lys Met Ile His Pro Tyr His	
65 70 75 80	
acc gag aag cat ttg gaa aag atg aag cgt gtc ggc aag gtg acg gat	288
Thr Glu Lys His Leu Glu Lys Met Lys Arg Val Gly Lys Val Thr Asp	
85 90 95	
ttc gtc tgc gag tac aag ttc gat acc gaa ttt gaa cgc gaa atc aaa	336
Phe Val Cys Glu Tyr Lys Phe Asp Thr Glu Phe Glu Arg Glu Ile Lys	
100 105 110	
cga gaa gtc ttc aag att gtg cga cga ggc aag gat ttc ggt act ttg	384
Arg Glu Val Phe Lys Ile Val Arg Arg Gly Lys Asp Phe Gly Thr Leu	
115 120 125	
gga tgg ttc ttc cgt gcg ttt tgc tac att gcc att ttc ttc tac ctg	432
Gly Trp Phe Phe Arg Ala Phe Cys Tyr Ile Ala Ile Phe Phe Tyr Leu	
130 135 140	
cag tac cat tgg gtc acc acg gga acc tct tgg ctg ctg gcc gtg gcc	480
Gln Tyr His Trp Val Thr Thr Gly Thr Ser Trp Leu Leu Ala Val Ala	
145 150 155 160	
tac gga atc tcc caa gcg atg att ggc atg aat gtc cag cac gat gcc	528
Tyr Gly Ile Ser Gln Ala Met Ile Gly Met Asn Val Gln His Asp Ala	
165 170 175	

69

aac cac ggg gcc acc tcc aag cgt ccc tgg gtc aac gac atg cta ggc	576
Asn His Gly Ala Thr Ser Lys Arg Pro Trp Val Asn Asp Met Leu Gly	
180 185 190	
ctc ggt gcg gat ttt att ggt ggt tcc aag tgg ctc tgg cag gaa caa	624
Leu Gly Ala Asp Phe Ile Gly Gly Ser Lys Trp Leu Trp Gln Glu Gln	
195 200 205	
cac tgg acc cac cac gct tac acc aat cac gcc gag atg gat ccc gat	672
His Trp Thr His His Ala Tyr Thr Asn His Ala Glu Met Asp Pro Asp	
210 215 220	
agc ttt ggt gcc gaa cca atg ctc cta ttc aac gac tat ccc ttg gat	720
Ser Phe Gly Ala Glu Pro Met Leu Leu Phe Asn Asp Tyr Pro Leu Asp	
225 230 235 240	
cat ccc gct cgt acc tgg cta cat cgc ttt caa gca ttc ttt tac atg	768
His Pro Ala Arg Thr Trp Leu His Arg Phe Gln Ala Phe Phe Tyr Met	
245 250 255	
ccc gtc ttg gct gga tac tgg ttg tcc gct gtc ttc aat cca caa att	816
Pro Val Leu Ala Gly Tyr Trp Leu Ser Ala Val Phe Asn Pro Gln Ile	
260 265 270	
ctt gac ctc cag caa cgc ggc gca ctt tcc gtc ggt atc cgt ctc gac	864
Leu Asp Leu Gln Gln Arg Gly Ala Leu Ser Val Gly Ile Arg Leu Asp	
275 280 285	
aac gct ttc att cac tcg cga cgc aag tat gcg gtt ttc tgg cgg gct	912
Asn Ala Phe Ile His Ser Arg Arg Lys Tyr Ala Val Phe Trp Arg Ala	
290 295 300	
gtg tac att gcg gtg aac gtg att gct ccg ttt tac aca aac tcc ggc	960
Val Tyr Ile Ala Val Asn Val Ile Ala Pro Phe Tyr Thr Asn Ser Gly	
305 310 315 320	
ctc gaa tgg tcc tgg cgt gtc ttt gga aac atc atg ctc atg ggt gtg	1008
Leu Glu Trp Ser Trp Arg Val Phe Gly Asn Ile Met Leu Met Gly Val	
325 330 335	
gcg gaa tcg ctc gcg ctg gcg gtc ctg ttt tcg ttg tcg cac aat ttc	1056
Ala Glu Ser Leu Ala Leu Ala Val Leu Phe Ser Leu Ser His Asn Phe	
340 345 350	
gaa tcc gcg gat cgc gat ccg acc gcc cca ctg aaa aag acg gga gaa	1104
Glu Ser Ala Asp Arg Asp Pro Thr Ala Pro Leu Lys Lys Thr Gly Glu	
355 360 365	
cca gtc gac tgg ttc aag aca cag gtc gaa act tcc tgc act tac ggt	1152
Pro Val Asp Trp Phe Lys Thr Gln Val Glu Thr Ser Cys Thr Tyr Gly	
370 375 380	
gga ttc ctt tcc ggt tgc ttc acg gga ggt ctc aac ttt cag gtt gaa	1200
Gly Phe Leu Ser Gly Cys Phe Thr Gly Gly Leu Asn Phe Gln Val Glu	
385 390 395 400	
cac cac ttg ttc cca cgc atg agc agc gct tgg tat ccc tac att gcc	1248
His His Leu Phe Pro Arg Met Ser Ser Ala Trp Tyr Pro Tyr Ile Ala	
405 410 415	
ccc aag gtc cgc gaa att tgc gcc aaa cac gcc gtc cac tac gcc tac	1296
Pro Lys Val Arg Glu Ile Cys Ala Lys His Gly Val His Tyr Ala Tyr	
420 425 430	

70

[illegible]

<210> 51

<211> 469

<212> PRT

<213> Phaeodactylum tricornutum

<400> 51

Met	Ala	Pro	Asp	Ala	Asp	Lys	Leu	Arg	Gln	Arg	Gln	Thr	Thr	Ala	Val
1				5					10					15	
Ala	Lys	His	Asn	Ala	Ala	Thr	Ile	Ser	Thr	Gln	Glu	Arg	Leu	Cys	Ser
			20					25							
Leu	Ser	Ser	Leu	Lys	Gly	Glu	Glu	Val	Cys	Ile	Asp	Gly	Ile	Ile	Tyr
		35					40					45			
Asp	Leu	Gln	Ser	Phe	Asp	His	Pro	Gly	Gly	Glu	Thr	Ile	Lys	Met	Phe
	50					55					60				
Gly	Gly	Asn	Asp	Val	Thr	Val	Gln	Tyr	Lys	Met	Ile	His	Pro	Tyr	His
65					70					75					80
Thr	Glu	Lys	His	Leu	Glu	Lys	Met	Lys	Arg	Val	Gly	Lys	Val	Thr	Asp
				85					90						95
Phe	Val	Cys	Glu	Tyr	Lys	Phe	Asp	Thr	Glu	Phe	Glu	Arg	Glu	Ile	Lys
		100						105					110		
Arg	Glu	Val	Phe	Lys	Ile	Val	Arg	Arg	Gly	Lys	Asp	Phe	Gly	Thr	Leu
		115					120					125			
Gly	Trp	Phe	Phe	Arg	Ala	Phe	Cys	Tyr	Ile	Ala	Ile	Phe	Phe	Tyr	Leu
	130					135					140				
Gln	Tyr	His	Trp	Val	Thr	Thr	Gly	Thr	Ser	Trp	Leu	Leu	Ala	Val	Ala
145					150					155					160
Tyr	Gly	Ile	Ser	Gln	Ala	Met	Ile	Gly	Met	Asn	Val	Gln	His	Asp	Ala
				165					170					175	
Asn	His	Gly	Ala	Thr	Ser	Lys	Arg	Pro	Trp	Val	Asn	Asp	Met	Leu	Gly
		180						185					190		
Leu	Gly	Ala	Asp	Phe	Ile	Gly	Gly	Ser	Lys	Trp	Leu	Trp	Gln	Glu	Gln
		195					200						205		
His	Trp	Thr	His	His	Ala	Tyr	Thr	Asn	His	Ala	Glu	Met	Asp	Pro	Asp
	210					215					220				
Ser	Phe	Gly	Ala	Glu	Pro	Met	Leu	Leu	Phe	Asn	Asp	Tyr	Pro	Leu	Asp
225					230					235					240

[illegible]

<400> 52

tgcgcgcttt	cggtgatgac	ggtgaaaacc	tctgacacat	gcagctcccc	gagacgggtca	60
cagcttgtct	gtaagcggat	gccggggagca	gacaagcccc	tcagggcgcg	tcagcggggtg	120
ttggcgggtg	tcggggctgg	cttaactatg	cggcatcaga	gcagattgta	ctgagagtg	180
accatatg	gtgtgaaata	ccgcacagat	gcgtaaggag	aaaataccgc	atcaggcgcc	240

attcgccatt	caggctgcgc	aactgttggg	aagggcgatc	ggtgcgggccc	tcttcgctat	300
tacgccagct	ggcgaaaggg	ggatgtgctg	caaggcgatt	aagttgggta	acgccagggg	360
tttcccagtc	acgacgttgt	aaaacgacgg	ccagtgaatt	cggcgcgccc	agctcctcga	420
gcaaatttac	acattgccac	taaacgtcta	aacccttgta	atttggtttt	gttttactat	480
gtgtgttatg	tatttgattt	gcgataaatt	tttatatttg	gtactaaatt	tataacacct	540
tttatgctaa	cgtttgccaa	cacttagcaa	tttgcaagtt	gattaattga	ttctaaatta	600
tttttgtctt	ctaaatacat	atactaatac	actggaaatg	taaatatttg	ctaataatttc	660
tactatagga	gaattaaagt	gagtgaatat	ggtaccacaa	ggtttggaga	tttaattgtt	720
gcaatgctgc	atggatggca	tatacaccaa	acattcaata	attcttgagg	ataataatgg	780
taccacacaa	gatttgaggt	gcatgaacgt	cacgtggaca	aaagggttag	taatttttca	840
agacaacaat	gttaccacac	acaagttttg	aggtgcatgc	atggatgccc	tgtggaaagt	900
ttaaaaatat	tttggaatg	atttgcatgg	aagccatgtg	taaaaccatg	acatccactt	960
ggaggatgca	ataatgaaga	aaactacaaa	tttcatgca	actagttatg	catgtagtct	1020
atataatgag	gattttgcaa	tactttcatt	catacacact	cactaagttt	tacacgatta	1080
taattttctt	atagccagcc	caccgcgggtg	ggcggccgcc	tgcagtctag	aaggcctcct	1140
gctttaatga	gatatgcgag	acgcctatga	tcgcatgata	tttgctttca	attctgttgt	1200
gcacgttgta	aaaaacctga	gcatgtgtag	ctcagatcct	taccgccggg	ttcggttcat	1260
tctaataaat	atatcaccgg	ttactatcgt	atttttatga	ataatattct	ccgttcaatt	1320
tactgattgt	ccgtcgacga	attcgagctc	ggcgcgccaa	gcttggcgta	atcatgggtca	1380
tagctgtttc	ctgtgtgaaa	ttgttatccg	ctcacaattc	cacacaacat	acgagccgga	1440
agcataaagt	gtaaagcctg	gggtgcctaa	tgagtgaagt	aactcacatt	aattgcgttg	1500
cgctcactgc	ccgctttcca	gtcgggaaac	ctgtcgtgcc	agctgcatta	atgaatcggc	1560
caacgcgcgg	ggagaggcgg	tttgcgtatt	gggcgctctt	ccgcttcttc	gctcactgac	1620
tcgctgcgct	cggctcgttcg	gctgcggcga	gcggtatcag	ctcactcaaa	ggcggtaata	1680
cggttatcca	cagaatcagg	ggataacgca	ggaaagaaca	tgtgagcaaa	aggccagcaa	1740
aaggccagga	accgtaaaaa	ggccgcggtg	ctggcggttt	tccatagggt	ccgccccctt	1800
gacgagcatc	acaaaaaatc	acgctcaagt	cagaggtggc	gaaacccgac	aggactataa	1860
agataccagg	cgttttcccc	tggaagctcc	ctcgtgcgct	ctcctgttcc	gacctgccc	1920
cttaccggat	acctgtccgc	ctttctccct	tcgggaagcg	tggcgctttc	tcatagtcca	1980
cgctgtaggt	atctcagttc	gggtgtaggtc	gttcgctcca	agctgggctg	tgtgcacgaa	2040
cccccggtt	agcccgaccg	ctgcgcctta	tccggtaact	atcgtcttga	gtccaacccg	2100
gtaagacacg	acttatcgcc	actggcagca	gccactggta	acaggattag	cagagcgagg	2160
tatgtaggcg	gtgctacaga	gttcttgaag	tggtggccta	actacggcta	cactagaagg	2220
acagtatttg	gtatctgcgc	tctgctgaag	ccagttacct	tcggaaaaag	agttggtagc	2280
tcttgatccg	gcaaacaaac	caccgctggg	agcgggtggt	tttttgtttg	caagcagcag	2340
attacgcgca	gaaaaaaaag	atctcaagaa	gatcctttga	tcttttctac	ggggctctgac	2400
gctcagtggg	acgaaaactc	acgttaaggg	atttttgtca	tgagattatc	aaaaaggatc	2460
ttcacctaga	tcctttttaa	ttaaaaatga	agttttaaat	caatctaaag	tatatatgag	2520
taaacttggg	ctgacagtta	ccaatgctta	atcagtggag	cacctatctc	agcgatctgt	2580
ctatttcgtt	catccatagt	tgctgactc	ccgctcgtgt	agataactac	gatacgggag	2640
ggcttaccat	ctggccccag	tgctgcaatg	ataccgcgag	accacgcctc	accggctcca	2700
gatttatcag	caataaacca	gccagccgga	agggccgagc	gcagaagtgg	tcctgcaact	2760
ttatccgcct	ccatccagtc	tattaattgt	tgccgggaag	ctagagtaag	tagttcgcca	2820
gttaatagtt	tgcgcaacgt	tgttgccatt	gctacaggca	tcgtgggtgtc	acgctcgtcg	2880
tttggtatgg	cttcattcag	ctccggttcc	caacgatcaa	ggcgagttac	atgatcccc	2940
atggtgtgca	aaaaagcggg	tagctccttc	ggctctccga	tcgttggtcag	aagtaagttg	3000
gccgcagtgt	tatcaactcat	ggttatggca	gcaactgcata	attctcttac	tgtcatgcca	3060
tccgtaagat	gctttttctgt	gactggtgag	tactcaacca	agtcattctg	agaatagttg	3120

73

atgcggcgac cgagttgctc ttgcccggcg tcaatacggg ataataccgc gccacatagc 3180
agaactttaaa aagtgtcat cattggaaaa cggtcttcgg ggcgaaaact ctcaaggatc 3240
ttaccgctgt tgagatccag ttcgatgtaa cccactcgtg caccctaactg atcttcagca 3300
tcttttactt tcaccagcgt ttctgggtga gcaaaaacag gaaggcaaaa tgccgcaaaa 3360
aagggaataa gggcgacacg gaaatgttga atactcatac tcttcctttt tcaatattat 3420
tgaagcattt atcaggggta ttgtctcatg agcggataca tatttgaatg tatttagaaa 3480
aataaacaata taggggttcc gcgcacattt ccccgaaaag tgccaccta cgtctaagaa 3540
accattatta tcatgacatt aacctataaa aataggcgta tcacgaggcc ctttcgtc 3598

<210> 53

<211> 3590

<212> DNA

<213> artificial sequence

<220>

<221> misc_feature

<223> Sequenz stellt eine pflanzliche Promotor-Terminator-Expressionska
ssette in Vektor pUC19 dar

<400> 53

tcgcgcgttt cggatgatgac ggtgaaaacc tctgacacat gcagctcccg gagacgggtca 60
cagcttgtct gtaagcggat gccgggagca gacaagcccgc tcagggcgcg tcagcgggtg 120
ttggcgggtg tcggggctgg cttaactatg cggcatcaga gcagattgta ctgagagtgc 180
accatatgcg gtgtgaaata ccgcacagat gcgtaaggag aaaataccgc atcaggcgcc 240
attcgccatt caggctgcgc aactgttggg aagggcgatc ggtgcggggc tcttcgctat 300
tacgccagct ggcgaaaggg ggatgtgctg caaggcgatt aagttgggta acgccagggg 360
tttcccagtc acgacgttgt aaaacgcacg ccagtgaatt cggcgcgccg agctcctcga 420
gcaaattttac acattgccac taaacgtcta aacccttgta atttgttttt gttttactat 480
gtgtgttatg tatttgattt gcgataaatt tttatatattg gtactaaatt tataacacct 540
tttatgctaa cgtttgcaa cacttagcaa ttgcaagtt gattaattga ttctaaatta 600
ttttgtctt ctaaatacat atactaatca actggaaatg taaatatttg ctaatatctc 660
tactatagga gaattaaagt gagtgaatat ggtaccacaa ggtttgaga ttaattggt 720
gcaatgctgc atggatggca tatacaccaa acattcaata attcttgagg ataataatgg 780
taccacacaa gatttgaggt gcatgaacgt cacgtggaca aaagggttag taatttttca 840
agacaacaat gttaccacac acaagttttg aggtgcatgc atggatgcc tgtggaaagt 900
ttaaaaatat tttggaaatg atttgcattg aagccatgtg taaaaccatg acatccactt 960
ggaggatgca ataataaga aaactacaaa tttacatgca actagttatg catgtagtct 1020
atataatgag gattttgcaa tactttcatt catcacact cactaagttt tacacgatta 1080
taattttctc atagccagcg gatccgatat cgggcccgcg agcgttaacc ctgctttaat 1140
gagatatgcg agacgcctat gatcgcatga tatttgcttt caattctgtt gtgcacgttg 1200
taaaaaacct gagcatgtgt agctcagatc cttaccgccc gtttcgggtc attctaata 1260
atatatcacc cgttactatc gtattttttat gaataatatt ctccgttcaa tttactgatt 1320
gtccgtcgac gaattcgagc tcggcgcgcc aagcttggcg taatcatggg catagctggt 1380
tcctgtgtga aattgttatc cgctcacaat tccacacaac atacgagccg gaagcataaa 1440
gtgtaaagcc tgggggtgct aatgagttag ctaactcaca ttaattgcgt tgcgctcact 1500
gcccgctttc cagtcgggaa acctgtcgtg ccagctgcat taatgaatcg gccaacgcgc 1560

74

```

ggggagagggc gggttgcgta ttgggcgctc ttccgcttcc tcgctcactg actcgctgcg 1620
ctcggctcggt cggctgcggc gagcgggtatc agctcactca aaggcggtaa tacggttatc 1680
cacagaatca ggggataacg caggaaagaa catgtgagca aaaggccagc aaaaggccag 1740
gaaccgtaaa aaggccgctg tgctggcggtt tttccatagg ctccgcccc ctgacgagca 1800
tcacaaaaat cgacgctcaa gtcagagggtg gcgaaacccg acaggactat aaagatacca 1860
ggcggtttccc cctggaagct ccctcgctgcg ctctcctggt cgcaccctgc cgcttaccgg 1920
atacctgtcc gcctttctcc cttcgggaag cgtggcgctt tctcatagct cacgctgtag 1980
gtatctcagt tcggtgtagg tcgttcgctc caagctgggc tgtgtgcacg aaccccccg 2040
tcagcccgcg cgctgcgcct tatccggtaa ctatcgtctt gagtccaacc cggtaagaca 2100
cgacttatcg ccactggcag cagccactgg taacaggatt agcagagcga ggtatgtagg 2160
cgggtgtaca gagttcttga agtggtggcc taactacggc taccatagaa ggacagtatt 2220
tggtatctgc gctctgctga agccagttac cttcggaaaa agagttggta gctcttgatc 2280
cggcaaacaa accaccgctg gtagcgggtg tttttttgtt tgcaagcagc agattacgcg 2340
cagaaaaaaa ggatctcaag aagatccttt gatcttttct acggggtctg acgctcagt 2400
gaacgaaaaa tcacgttaag ggattttggt catgagatta tcaaaaagga tcttcaccta 2460
gatcctttta aattaaat gaagttttaa atcaatctaa agtatatatg agtaaacttg 2520
gtctgacagt taccaatgct taatcagtga ggcacctatc tcagcgatct gtctatttcg 2580
ttcatccata gttgcctgac tccccgctgt gtagataact acgatacggg agggcttacc 2640
atctggcccc agtgctgcaa tgataccgcg agaccacgc tcaccggctc cagattttatc 2700
agcaataaac cagccagccg gaagggccga gcgcagaagt ggtcctgcaa ctttatccgc 2760
ctccatccag tctattaatt gttgccggga agctagagta agtagttcgc cagttaatag 2820
tttgcgcaac gttgttgcca ttgctacagg catcgtggtg tcacgctcgt cgtttggtat 2880
ggcttcattc agctccggtt cccaacgac aaggcgaggt acatgatccc ccatgttggtg 2940
caaaaaagcg gttagctcct tcggctcctc gatcgttggtc agaagtaagt tggccgcagt 3000
ggtatcactc atggttatgg cagcactgca taattctctt actgtcatgc catccgtaag 3060
atgcttttct gtgactggtg agtactcaac caagtcattc tgagaatagt gtatgcggcg 3120
accgagttgc tcttgccccg cgtcaatacg ggataatacc gcgccacata gcagaacttt 3180
aaaagtgtc atcattggaa aacgttcttc ggggcgaaaa ctctcaagga tcttaccgct 3240
gttgagatcc agttcgatgt aaccactcg tgcacccaac tgatcttcag catcttttac 3300
tttcaccagc gtttctgggt gagcaaaaac aggaaggcaa aatgccgcaa aaaagggaat 3360
aagggcgaca cggaaatgtt gaatactcat actcttcctt tttcaatatt attgaagcat 3420
ttatcagggg tattgtctca tgagcggata catatttgaa tgtatttaga aaaataaaca 3480
aataggggtt ccgcgcacat ttccccgaaa agtgccacct gacgtctaag aaaccattat 3540
tatcatgaca ttaacctata aaaataggcg tatcacgagg ccctttcgtc 3590

```

<210> 54

<211> 3584

<212> DNA

<213> artificial sequence

<220>

<221> misc_feature

<223> Sequenz stellt eine pflanzliche Promotor-Terminator-Expressionska
ssette in Vektor pUC19 dar

<400> 54

75

tcgcgcggtt	cggatgatgac	ggtgaaaacc	tctgacacat	gcagctcccg	gagacgggtca	60
cagcttgtct	gtaagcggat	gccgggagca	gacaagcccg	tcagggcgcg	tcagcgggtg	120
ttggcggtg	tcggggctgg	cttaactatg	cgccatcaga	gcagattgta	ctgagagtgc	180
accatatgcg	gtgtgaaata	ccgcacagat	gcgtaaggag	aaaataccgc	atcaggcgcc	240
attcgccatt	caggctgccc	aactgttggg	aaggcgatc	ggtgcgggccc	tcttcgctat	300
tacgccagct	ggcgaaaggg	ggatgtgctg	caaggcgatt	aagttgggta	acgccagggt	360
tttcccagtc	acgacgttgt	aaaacgacgg	ccagtgaatt	cggcgcgccc	agctcctcga	420
gcaaatttac	acattgccac	taaacgtcta	aacccttgta	atttgttttt	gttttactat	480
gtgtgttatg	tatttgattt	gcgataaatt	tttatatttg	gtactaaatt	tataacacct	540
tttatgctaa	cgtttgccaa	cacttagcaa	tttgcaagtt	gattaattga	ttctaaatta	600
tttttgtctt	ctaaatacat	atactaatac	actggaaatg	taaatatttg	ctaataattc	660
tactatagga	gaattaaagt	gagtgaatat	ggtaccacaa	ggtttggaga	tttaattgtt	720
gcaatgctgc	atggatggca	tatacaccaa	acattcaata	attcttgagg	ataataatgg	780
taccacacaa	gatttgaggt	gcataaacgt	cacgtggaca	aaagggttag	taatttttca	840
agacaacaat	gttaccacac	acaagttttg	aggtgcatgc	atggatgccc	tgtggaaagt	900
ttaaaaatat	tttggaatg	atgtgcatgg	aagccatgtg	taaaaccatg	acatccactt	960
ggaggatgca	ataatgaaga	aaactacaaa	tttacctgca	actagttagt	catgtagtct	1020
atataatgag	gattttgcaa	tactttcatt	catacacact	cactaagttt	tacacgatta	1080
taattttctt	atagccagca	gatctgccgg	catcgatccc	gggccatggc	ctgctttaat	1140
gagatatgcg	agacgcctat	gatcgcatga	tatttgcttt	caattctgtt	gtgcacgttg	1200
taaaaaacct	gagcatgtgt	agctcagatc	cttaccgccg	gtttcgggtc	attctaataga	1260
atatatcacc	cgttactatc	gtatttttat	gaataatatt	ctccgttcaa	tttactgatt	1320
gtccgctgac	gagctcggcg	cgccaagctt	ggcgtaatca	tgggtcatagc	tgtttcctgt	1380
gtgaaattgt	tatccgctca	caattccaca	caacatacga	gccggaagca	taaagtgtaa	1440
agcctggggg	gcctaattgag	tgagctaact	cacattaatt	gcgttgcgct	cactgcccgc	1500
tttccagtcg	ggaaacctgt	cgtgccagct	gcattaatga	atcggcccaac	gcgcggggag	1560
aggcggtttg	cgtattgggg	gctcttcgcg	ttcctcgctc	actgactcgc	tgcgctcggt	1620
cgttcggctg	cgccgagcgg	tatcagctca	ctcaaaggcg	gtaatacggg	tatccacaga	1680
atcaggggat	aacgcaggaa	agaacatgtg	agcaaaaggc	cagcaaaagg	ccaggaaccg	1740
taaaaaggcc	gcgttgctgg	cgtttttcca	taggctccgc	ccccctgacg	agcatcacaa	1800
aatcgacgc	tcaagtcaga	ggtggcgaaa	cccgacagga	ctataaagat	accaggcggt	1860
tccccctgga	agctccctcg	tgcgctctcc	tgttccgacc	ctgccgctta	ccggatacct	1920
gtccgccttt	ctcccttcgg	gaagcgtggc	gctttctcat	agctcacgct	gtaggtatct	1980
cagttcggtg	taggtcggtc	gctccaagct	gggctgtgtg	cacgaacccc	ccgttcagcc	2040
cgaccgctgc	gccttatccg	gtaactatcg	tcttgagtcc	aaccgggtaa	gacacgactt	2100
atcgccactg	gcagcagcca	ctggtaacag	gattagcaga	gcgaggtagt	taggcgggtg	2160
tacagagttc	ttgaagtggg	ggcctaacta	cggctacact	agaaggacag	tatttggtat	2220
ctgcgctctg	ctgaagccag	ttaccttcgg	aaaaagagtt	gtagctctt	gatccggcaa	2280
acaaaccacc	gctggtagcg	gtggtttttt	tgtttgcaag	cagcagatta	cgcgagaaa	2340
aaaaggatct	caagaagatc	ctttgatctt	ttctacgggg	tctgacgctc	agtggaacga	2400
aaactcacgt	taagggtatt	tggatcatgag	attatcaaaa	aggatcttca	cctagatcct	2460
tttaaatata	aatgaagtt	ttaaatcaat	ctaaagtata	tatgagtaaa	cttgggtctga	2520
cagttaccaaa	tgcttaatca	gtgaggcacc	tatctcagcg	atctgtctat	ttcggtcatc	2580
catagttgcc	tgactccccg	tcgtgtagat	aactacgata	cgggagggct	taccatctgg	2640
ccccagtgct	gcaatgatac	cgcgagaccc	acgctcaccg	gctccagatt	tatcagcaat	2700
aaaccagcca	gccggaaggg	ccgagcgag	aagtggtcct	gcaactttat	ccgcctccat	2760
ccagtctatt	aattgttgcc	gggaagctag	agtaagtagt	tcgccagtta	atagtttgcg	2820
caacgttggt	gccattgcta	caggcatcgt	ggtgtcacgc	tcgtcggttg	gtatggcttc	2880

76

```

attcagctcc ggttcccaac gatcaaggcg agttacatga tcccccatgt tgtgcaaaaa 2940
agcgggttagc tccttcggtc ctccgatcgt tgtcagaagt aagttggcgc cagtgtttatc 3000
actcatgggtt atggcagcac tgcataattc tcttactgtc atgccatccg taagatgctt 3060
ttctgtgact ggtgagtact caaccaagtc attctgagaa tagtgtatgc ggcgaccgag 3120
ttgctcttgc ccggcgctcaa tacgggataa taccgcgcca catagcagaa ctttaaaagt 3180
gtcatcatt ggaaaacggt cttcggggcg aaaactctca aggatcttac cgctgttgag 3240
atccagttcg atgtaaccca ctctgcacc caactgatct tcagcatctt ttactttcac 3300
cagcgtttct gggtagagcaa aaacaggaag gcaaaatgcc gcaaaaaagg gaataagggc 3360
gacacggaaa tgtgaatac tcatactctt cttttttcaa tattattgaa gcatttatca 3420
gggttattgt ctcatgagcg gatacatatt tgaatgtatt tagaaaaata aacaaatagg 3480
ggttccgcgc acatttcccc gaaaagtgcc acctgacgtc taagaaacca ttattatcat 3540
gacattaacc tataaaaaata ggcgtatcac gagggccctt cgtc 3584

```

<210> 55

<211> 4507

<212> DNA

<213> artificial sequence

<220>

<221> misc_feature

<223> Sequenz stellt eine pflanzliche Promotor-Terminator-Expressionskassette in Vektor pUC19 dar

<400> 55

```

tcgcgcgttt cggtagatgac ggtgaaaacc tctgacacat gcagctcccg gagacggtca 60
cagcttgtct gtaagcggat gccgggagca gacaagcccg tcagggcgcg tcagcgggtg 120
ttggcggttg tcgggctgg cttaactatg cggcatcaga gcagattgta ctgagagtgc 180
accatatgcg gtgtgaaata ccgcacagat gcgtaaggag aaaataccgc atcagcgccc 240
attcgccatt caggctgcgc aactgttggg aagggcgatc ggtgcgggccc tcttcgctat 300
tacgccagct ggcgaaagg ggtgtgtctg caaggcgatt aagttgggta acgccagggt 360
tttcccagtc acgacgttgt aaaacgacgg ccagtgaatt cggcgcgccg agctcctcga 420
gcaaatttac acattgccac taaacgtcta aacccttgta atttgttttt gttttactat 480
gtgtgttatg tatttgattt gcgataaatt tttatatattg gtactaaatt tataacacct 540
tttatgctaa cgtttgcaa cacttagcaa tttgcaagtt gattaattga ttctaaatta 600
tttttgtctt ctaaatacat atactaatca actggaaatg taaatatttg ctaatatattc 660
tactatagga gaattaaagt gagtgaatat ggtaccacaa ggtttggaga ttttaattgtt 720
gcaatgctgc atggatggca tatacaccaa acattcaata attcttgagg ataataatgg 780
taccacacaa gatattgagg gcatgaacgt cacgtggaca aaaggtttag taatttttca 840
agacaacaat gttaccacac acaagttttg aggtgcatgc atggatgcc tgtggaaagt 900
ttaaaaatat tttggaaatg atttgcatgg aagccatgtg taaaaccatg acatccactt 960
ggaggatgca ataataaga aaactacaaa tttacatgca actagttag catgtagtct 1020
atataatgag gattttgcaa tactttcatt catacacact cactaagttt tacacgatta 1080
taattttctt atagccagcc caccgcggtg ggcgccgccc tgcagtctag aaggcctcct 1140
gctttaatga gatatgcgag acgcctatga tcgcatgata tttgctttca attctgttgt 1200
gcacgttgta aaaaacctga gcatgtgtag ctcatgacct taccgcgggt ttcggttcat 1260
tctaataaat atatcaccgc ttactatcgt atttttatga ataataattct ccgttcaatt 1320

```

tactgattgt	ccgtcgagca	aatttacaca	ttgccactaa	acgtctaaac	ccttgtaatt	1380
tgtttttggt	ttactatgtg	tgttatgtat	ttgatttgcg	ataaatTTTT	atatttggtgta	1440
ctaaatttat	aacacctttt	atgctaacgt	ttgccaacac	ttagcaattt	gcaagttgat	1500
taattgatcc	taaattatTT	ttgtcttcta	aatacatata	ctaatacaact	ggaaatgtaa	1560
atatttgcta	atatttctac	tataggagaa	ttaaagttag	tgaatatggt	accacaaggt	1620
ttggagattt	aattgttgca	atgctgcatg	gatggcatat	acaccaaaca	ttcaataatt	1680
cttgaggata	ataatggtac	cacacaagat	ttgaggtgca	tgaacgtcac	gtggacaaaa	1740
ggtttagtaa	tttttcaaga	caacaatggt	accacacaca	agttttgagg	tgcatgcatg	1800
gatgccctgt	ggaaagtTTa	aaaatatttt	ggaaatgatt	tgcatggaag	ccatgtgtaa	1860
aaccatgaca	tccacttgga	ggatgcaata	atgaagaaaa	ctacaaattt	acatgcaact	1920
agttatgcat	gtagtctata	taatgaggat	tttgcaatac	tttcattcat	acacactcac	1980
taagttttac	acgattataa	tttcttcata	gccagcggat	ccgatatcgg	gcccgttagc	2040
gttaaccctg	ctttaatgag	atatgcgaga	cgcctatgat	cgcgatgat	ttgctttcaa	2100
ttctgttggt	cacgttgtaa	aaaacctgag	catgtgtagc	tcagatcctt	accgccggtt	2160
tcggttcatt	ctaatagaata	tatcacccgt	tactatcgta	tttttatgaa	taatatcttc	2220
cgttcaattt	actgattgtc	cgtcgacgaa	ttcgagctcg	gcgcgccaaag	cctggcgtaa	2280
tcaggtgcat	agctgtttcc	tggtgaaat	tggtatccgc	tcacaattcc	acacaacata	2340
cgagccggaa	gcataaagtg	taaagcctgg	gggtgccta	gagttagcta	actcacatta	2400
attgcgttgc	gctcactgcc	cgttttccag	tcgggaaacc	tgctgtgcca	gctgcattaa	2460
tgaatcggcc	aacgcgcggg	gagaggcggg	ttgcgtattg	ggcgtctctc	cgcttcctcg	2520
ctcactgact	cgctgcgctc	ggctggtcgg	ctgcggcgag	cggtatcagc	tcactcaaag	2580
gcggtaatac	ggttatccac	agaatcaggg	gataacgcag	gaaagaacat	gtgagcaaaa	2640
ggccagcaaa	aggccagga	ccgtaaaaag	gccgcgttgc	tggcgttttt	ccataggctc	2700
cgccccctg	acgagcatca	caaaaatcga	cgtcgaagtc	agaggtggcg	aaacccgaca	2760
ggactataaa	gataccaggc	gtttccccct	ggaagctccc	tcgtgcgctc	tcctgttccg	2820
accctgccgc	ttaccggata	cctgtccgcc	tttctccctt	cggaagcgt	ggcgctttct	2880
catagctcac	gctgtaggta	tctcagttcg	gtgtaggctg	ttcgctccaa	gctgggctgt	2940
gtgcacgaac	cccccgttca	gcccagccgc	tgccgcttat	ccggtaacta	tcgtcttgag	3000
tccaaccggg	taagacacga	cttatcgcca	ctggcagcag	ccactggtaa	caggattagc	3060
agagcgaggt	atgtaggcgg	tgctacagag	ttcttgaagt	gggtggccta	ctacggctac	3120
actagaagga	cagtatttgg	tatctgcgct	ctgctgaagc	cagttacctt	cggaaaaaga	3180
gttggtagct	cttgatccgg	caaacaaacc	accgctggta	gcgggtggtt	ttttgtttgc	3240
aagcagcaga	ttacgcgcag	aaaaaaagga	tctcaagaag	atcctttgat	cttttctacg	3300
gggtctgacg	ctcagtggaa	cgaaaactca	cgtaaaggga	ttttggtcat	gagattatca	3360
aaaaggatct	tcacctagat	ccttttaaat	taaaaatgaa	gttttaaatc	aatctaaagt	3420
atatatgagt	aaacttggtc	tgacagttac	caatgcttaa	tcagttaggc	acctatctca	3480
gcgatctgtc	tatttcgttc	atccatagtt	gcctgactcc	ccgtcgtgta	gataactacg	3540
atacgggagg	gcttaccatc	tggccccagt	gctgcaatga	taccgcgaga	cccacgctca	3600
ccggctccag	atztatcagc	aataaaccag	ccagccggaa	gggccgagcg	cagaagtggg	3660
cctgcaactt	tatccgcctc	catccagtct	attaattggt	gccgggaagc	tagagtaaagt	3720
agttcgccag	ttaatagtTT	gcgcaacggt	gttgccattg	ctacaggcat	cgtggtgtca	3780
cgctcgctgt	ttggtatggc	ttcattcagc	tcgggttccc	aacgatcaag	gcgagttaca	3840
tgatccccca	tggtgtgcaa	aaaagcgggt	agctccttcg	gtcctccgat	cgttgctcaga	3900
agtaagtTgg	ccgcagtgtt	atcactcatg	gttatggcag	cactgcataa	ttctcttact	3960
gtcatgccat	ccgtaagatg	cttttctgtg	actggtgagt	actcaaccaa	gtcattctga	4020
gaatagtgtg	tgcggcgacc	gagttgctct	tgcccgcggt	caatacggga	taataccgcg	4080
ccacatagca	gaactttaaa	agtgctcatc	attggaaaac	gttcttcggg	gcgaaaactc	4140
tcaaggatct	taccgctggt	gagatccagt	tcgatgtaac	ccactcgtgc	acccaactga	4200

78

tcttcagcat cttttacttt caccagcgtt tctgggtgag caaaaacagg aaggcaaaat 4260
gccgcaaaaa aggggaataag ggcgacacgg aaatgttgaa tactcatact cttccttttt 4320
caatattatt gaagcattta tcagggttat tgtctcatga gcggatacat atttgaatgt 4380
athtagaaaa ataaacaaat aggggttccg cgcacatttc cccgaaaagt gccacctgac 4440
gtctaagaaa ccattattat catgacatta acctataaaa ataggcgtat cacgaggccc 4500
tttcgtc 4507

<210> 56

<211> 17752

<212> DNA

<213> *Phaeodactylum tricornutum*, *Physcomitrella patens*

<220>

<221> CDS

<222> (11543) .. (12415)

<223> Delta-6-Elongase

<220>

<221> CDS

<222> (13313) .. (14890)

<223> Delta-6-Desaturase

<220>

<221> CDS

<222> (15791) .. (17200)

<223> Delta-5-Desaturase

<400> 56

gatctggcgc cggccagcga gacgagcaag attggccgcc gcccgaaacg atccgacagc 60
gcgcccagca caggtgcgca ggcaaattgc accaacgcac acagcgccag cagaatgcca 120
tagtgggcgg tgacgtcggt cgagtgaacc agatcgcgca ggaggcccg cagcaccggc 180
ataatcaggc cgatgccgac agcgtcgagc gcgacagtgc tcagaattac gatcaggggt 240
atgttgggtt tcacgtctgg cctccggacc agcctccgct ggtccgattg aacgcgcgga 300
ttctttatca ctgataagtt ggtggacata ttatgtttat cagtgataaa gtgtcaagca 360
tgacaaagtt gcagccgaat acagtgatcc gtgccgccct ggacctgttg aacgaggtcg 420
gcgtagacgg tctgacgaca cgcaaactgg cggaacgggt gggggttcag cagccggcgc 480
tttactggca cttcaggaac aagcgggcgc tgctcgacgc actggccgaa gccatgctgg 540
cggagaatca tacgcattcg gtgccgagag ccgacgacga ctggcgctca tttctgatcg 600
ggaatgcccg cagcttcagg caggcgctgc tcgcctaccg cgatggcgcg cgcattccatg 660
ccggcacgcg accggggcgca ccgcagatgg aaacggccga cgcgcagctt cgcttcctct 720
gcgaggcggg tttttcggcc ggggacgccg tcaatgcgct gatgacaatc agctacttca 780
ctgttggggc cgtgcttgag gagcaggccg gcgacagcga tgccggcgag cgcggcgga 840
ccgttgaaac ggctccgctc tcgccgctgt tgcgggccgc gatagacgcc ttcgacgaag 900
ccggtccgga cgcagcgctt gagcagggaac tcgcggtgat tgctgatgga ttggcgaaaa 960
ggaggctcgt tgtcaggaac gttgaaggac cgagaaaggg tgacgattga tcaggaccgc 1020
tgccggagcg caaccactc actacagcag agccatgtag acaacatccc ctcccccttt 1080

ccaccgcgtc	agacgcccgt	agcagcccgc	tacgggcttt	ttcatgccct	gccctagcgt	1140
ccaagcctca	cggccgcgct	cggcctctct	ggcggccttc	tggcgctctt	ccgcttcctc	1200
gctcactgac	tcgctgcgct	cggtcgttcg	gctgcggcga	gcggtatcag	ctcactcaaa	1260
ggcggtaata	cggttatcca	cagaatcagg	ggataacgca	ggaaagaaca	tgtgagcaaa	1320
aggccagcaa	aaggccagga	accgtaaaaa	ggccgcggtt	ctggcggttt	tccataggct	1380
ccgccccct	gacgagcatc	acaaaaatcg	acgctcaagt	cagaggtggc	gaaacccgac	1440
aggactataa	agataaccagg	cgtttcccc	tggaaagctcc	ctcgtgcgct	ctcctgttcc	1500
gacctgccc	cttaccggat	acctgtccgc	ctttctccct	tcgggaagcg	tggcgctttt	1560
ccgctgcata	acctgtcttc	gggtcatta	tagcgatttt	ttcggtatat	ccatcctttt	1620
tcgcacgata	tacaggattt	tgccaaaggg	ttcgtgtaga	ctttccttgg	tgtatccaac	1680
ggcgctcagcc	gggcaggata	ggtgaagtag	gcccacccgc	gagcgggtgt	tccttcttca	1740
ctgtccctta	ttcgcacctg	gcggtgctca	acgggaatcc	tgctctgcga	ggctggccgg	1800
ctaccgccc	cgtaacagat	gagggcaagc	ggatggctga	tgaaccaag	ccaaccagga	1860
agggcagccc	acctatcaag	gtgtactgcc	ttccagacga	acgaagagcg	attgaggaaa	1920
aggcggcggc	ggccggcatg	agcctgtcgg	cctacctgct	ggccgtcggc	cagggctaca	1980
aatcacggg	cgctgtggac	tatgagcacg	tcgcgcagct	ggcccgcatc	aatggcgacc	2040
tgggcccgt	gggcggcctg	ctgaaactct	ggctcaccga	cgacccgcgc	acggcgcggt	2100
tcggtgatgc	cacgatcctc	gccctgctgg	cgaagatcga	agagaagcag	gacgagcttg	2160
gcaaggtcat	gatgggcgtg	gtccgcccga	gggcagagcc	atgacttttt	tagccgctaa	2220
aacggccggg	gggtgcgcgt	gattgccaag	cacgtcccca	tgcgctccat	caagaagagc	2280
gacttcgcgg	agctggtgaa	gtacatcacc	gacgagcaag	gcaagaccga	gcgcctttgc	2340
gacgctcacc	gggctggttg	ccctcgccgc	tgggctggcg	gccgtctatg	gccctgcaaa	2400
cgcgccagaa	acgccgtcga	agccgtgtgc	gagacaccgc	ggccgcgggc	gttgtggata	2460
cctcgcgaa	aacttgcccc	tcactgacag	atgagggggc	gacgttgaca	cttgaggggc	2520
cgactcacc	ggcgcgccgt	tgacagatga	ggggcaggct	cgatttcggc	cggcgacgtg	2580
gagctggcca	gcctcgcaaa	tcggcgaaaa	cgcctgattt	tacgcgagtt	tcccacagat	2640
gatgtggaca	agcctgggga	taagtgcctt	gcggtattga	cacttgaggg	gcgcgactac	2700
tgacagatga	ggggcgcgat	ccttgacact	tgagggggcag	agtgtgaca	gatgaggggc	2760
gcacctattg	acatttgagg	ggctgtccac	aggcagaaaa	tccagcattt	gcaagggttt	2820
ccgcccgttt	ttcggccacc	gctaacctgt	cttttaacct	gcttttaaac	caatatattat	2880
aaaccttggt	tttaaccagg	gctgcgccct	gtgcgcgtga	ccgcgcacgc	cgaagggggg	2940
tgccccccct	tctcgaaacc	tcccgcccc	ctaacgcggg	cctcccatcc	ccccaggggc	3000
tgcgccctc	ggccgcgaac	ggcctcacc	caaaaatggc	agcgtggca	gtccttgcca	3060
ttgccgggat	cggggcagta	acgggatggg	cgatcagccc	gagcgcgacg	cccgaagca	3120
ttgacgtgcc	gcaggtgctg	gcacgcacat	tcagcgacca	ggtgccgggc	agtgagggcg	3180
gcggcctggg	tggcgccctg	cccttcactt	cggccgtcgg	ggcattcacg	gacttcattg	3240
cggggccggc	aatttttacc	ttgggcattc	ttggcatagt	ggtcgcgggt	gccgtgctcg	3300
tgttcggggg	tgcgataaac	ccagcgaacc	atttgaggtg	ataggtaga	ttataccgag	3360
gtatgaaaac	gagaattgga	cctttacaga	attactctat	gaagcgccat	atataaaaag	3420
ctaccaagac	gaagaggatg	aagaggatga	ggaggcagat	tgctttgaat	atattgacaa	3480
tactgataag	ataatatatc	ttttatatag	aagatatcgc	cgtatgtaag	gatttcaggg	3540
ggcaaggcat	aggcagcgcg	cttatcaata	tatctataga	atgggcaaa	cataaaaact	3600
tgcatggact	aatgcttgaa	accaggaca	ataaccttat	agcttgtaaa	ttctatcata	3660
attgggtaat	gactccaact	tattgatagt	gttttatgtt	cagataatgc	ccgatgactt	3720
tgtcatgcag	ctccaccgat	tttgagaacg	acagcgactt	ccgtcccagc	cgtgccagggt	3780
gctgcctcag	attcagggtta	tgcgcgtcaa	ttcgtgcgt	atatacgttg	ctgattacgt	3840
gcagctttcc	cttcaggcgg	gattcataca	gcggccagcc	atccgtcatc	catatcacca	3900
cgtcaaaggg	tgacagcagg	ctcataagac	gccccagcgt	cgccatagtg	cgttcaccga	3960

atacgtgcgc	aacaaccgtc	ttccggagac	tgtcatagcg	gtaaaacagc	cagcgctggc	4020
gcgatttagc	cccacatag	ccccactgtt	cgtccatttc	cgcgagacg	atgacgtcac	4080
tgcccggctg	tatgcgcgag	gttaccgact	gcggcctgag	ttttttaagt	gacgtaaaat	4140
cgtgttgagg	ccaacgcca	taatgcgggc	tggtgcccgg	catccaacgc	cattcatggc	4200
catatcaatg	attttctggt	gcgtaccggg	ttgagaagcg	gtgtaagtga	actgcagttg	4260
ccatgtttta	cggcagtgag	agcagagata	gcgctgatgt	ccggcgggtg	ttttgccgtt	4320
acgcaccacc	ccgtcagtag	ctgaacagga	gggacagctg	atagacacag	aagccactgg	4380
agcacctcaa	aaacaccatc	atacactaaa	tcagtaagtt	ggcagcatca	cccataattg	4440
tggtttcaaa	atcggctccg	tcgatactat	gttatacgcc	aactttgaaa	acaactttga	4500
aaaagctgtt	ttctggtatt	taaggtttta	gaatgcaagg	aacagtgaat	tggagtctcg	4560
cttgttataa	ttagcttctt	ggggtatctt	taaatactgt	agaaaagagg	aaggaaataa	4620
taaatggcta	aaatgagaat	atcaccggaa	ttgaaaaaac	tgatcgaaaa	ataccgctgc	4680
gtaaaagata	cgggaaggaat	gtctcctgct	aaggtatata	agctggtggg	agaaaatgaa	4740
aacctatatt	taaaaatgac	ggacagccgg	tataaaggga	ccacctatga	tgtggaacgg	4800
gaaaaggaca	tgatgctatg	gctggaagga	aagctgcctg	ttccaaaggt	cctgcacttt	4860
gaacggcatg	atggctggag	caatctgctc	atgagtggag	ccgatggcgt	cctttgctcg	4920
gaagagtatg	aagatgaaca	aagccctgaa	aagattatcg	agctgtatgc	ggagtgcctc	4980
aggctctttc	actccatcga	catatcggat	tgtccctata	cgaatagctt	agacagccgc	5040
ttagccgaat	tggattactt	actgaataac	gatctggccg	atgtggattg	cgaaaactgg	5100
gaagaagaca	ctccatttaa	agatccgcgc	gagctgtatg	attttttaaa	gacggaaaag	5160
cccgaagagg	aacttgtctt	ttcccacggc	gacctgggag	acagcaacat	ctttgtgaaa	5220
gatggcaaag	taagtggctt	tattgatctt	gggagaagcg	gcagggcgga	caagtggtat	5280
gacattgcct	tctgcgtccg	gtcgatcagg	gaggatatcg	gggaagaaca	gtatgtcgag	5340
ctattttttg	acttactggg	gatcaagcct	gattgggaga	aaataaaata	ttatatttta	5400
ctggatgaat	tgttttagta	cctagatgtg	gcgcaacgat	gccggcgaca	agcaggagcg	5460
caccgacttc	ttccgcatca	agtgttttgg	ctctcaggcc	gaggccacg	gcaagtattt	5520
gggcaagggg	tcgtcggtat	tcgtgcaggg	caagattcgg	aataccaagt	acgagaagga	5580
cggccagacg	gtctacggga	ccgacttcat	tgccgataag	gtggattatc	tggacaccaa	5640
ggcaccaggc	gggtcaaata	aggaataaag	gcacattgcc	ccggcgtgag	tcggggcaat	5700
cccgaagga	gggtgaatga	atcggacgtt	tgaccggaag	gcatacaggc	aagaactgat	5760
cgacgcgggg	ttttccgcgc	aggatgccga	aaccatcgca	agccgcaccg	tcatgcgtgc	5820
gccccgcgaa	accttccagt	ccgtcggctc	gatggtccag	caagctacgg	ccaagatcga	5880
gcgcgacagc	gtgcaactgg	ctccccctgc	cctgcccgcg	ccatcggccg	ccgtggagcg	5940
ttcgcgtcgt	ctcgaacagg	aggcggcagg	tttggcgaa	tcgatgacca	tcgacacgcg	6000
aggaactatg	acgaccaaga	agcgaataac	cgccggcgag	gacctggcaa	aacaggtcag	6060
cgaggccaag	caggccgcgt	tgctgaaaca	cacgaagcag	cagatcaagg	aatgcagct	6120
ttccttggtc	gatattgcgc	cgtggccgga	cacgatgcga	gcgatgccaa	acgacacggc	6180
ccgctctgcc	ctgttcacca	cgcgcaacaa	gaaaatccc	cgcgaggcgc	tgcaaaacaa	6240
ggtcattttc	cacgtcaaca	aggacgtgaa	gatcacctac	accggcgtcg	agctgcgggc	6300
cgacgatgac	gaactggtgt	ggcagcaggt	gttgagtagc	gcgaagcgca	cccctatcgg	6360
cgagccgate	accttcacgt	tctacgagct	ttgccaggac	ctgggctggt	cgatcaatgg	6420
ccggtattac	acgaaggccg	aggaatgcct	gtcgcgccta	caggcgacgg	cgatgggctt	6480
cacgtccgac	cgcgttgggc	acctggaatc	ggtgtcgtcg	ctgcaccgct	tccgcgtcct	6540
ggaccgtggc	aagaaaacgt	cccgttgcca	ggtcctgatc	gacgaggaaa	tcgtcgtgct	6600
gtttgctggc	gaccactaca	cgaaattcat	atgggagaag	taccgcaagc	tgtcgccgac	6660
ggcccgcagg	atgttcgact	atttcagctc	gcaccgggag	ccgtaccgcg	tcaagctgga	6720
aaccttccgc	ctcatgtgcg	gatcggattc	caccgcgctg	aagaagtggc	gcgagcaggt	6780
ggcggaagcc	tgcaagagt	tgcgaggcag	cggcctggtg	gaacacgcct	gggtcaatga	6840

tgacctggtg cattgcaaac gctagggcct tgtgggggtca gttccggctg ggggttcagc	6900
agccagcgct ttactggcat ttcaggaaca agcgggcact gtcgacgca cttgcttcgc	6960
tcagtatcgc tcgggacgca cggcgcgctc tacgaactgc cgataaacag aggattaaaa	7020
ttgacaattg tgattaaggc tcagattcga cggcttgag cggccgacgt gcaggatttc	7080
cgcgagatcc gattgtcggc cctgaagaaa gctccagaga tgttcgggtc cgtttacgag	7140
cacgaggaga aaaagcccat ggaggcggtt gctgaacggt tgcgagatgc cgtggcattc	7200
ggcgccctaca tcgacggcga gatcattggg ctgtcgggtc tcaaacagga ggacggcccc	7260
aaggacgctc acaaggcgca tctgtccggc gttttcgtgg agcccgaaca gcgaggccga	7320
ggggtcgccc gtatgctgct gcgggcggtt ccggcggtt tattgctcgt gatgatcgtc	7380
cgacagattc caacgggaat ctggtggatg cgcattctca tcctcggcgc acttaattatt	7440
tcgctattct ggagcttggt gtttatttcg gtctaccgcc tgccgggcgg ggtcgcggcg	7500
acggtaggcg ctgtgcagcc gctgatggtc gtgttcattc ctgccgctc gctaggtagc	7560
ccgatacgat tgatggcggt cctgggggct atttgcgga ctgcgggcgt ggcgctgttg	7620
gtgttgacac caaacgcagc gctagatcct gtcggcgctc cagcgggcct ggcggggcg	7680
gtttccatgg cgttcggaac cgtgctgacc cgcaagtggc aacctcccgt gcctctgctc	7740
acctttaccg cctggcaact ggcgcccgga ggacttctgc tcgttccagt agcttttagtg	7800
tttgatccgc caatcccgat gcctacagga accaatgttc tcggcctggc gtggctcggc	7860
ctgatcggag cgggtttaac ctacttcctt tggttccggg ggatctcgcg actcgaacct	7920
acagttggtt cttactggg ctttctcagc ccagatctg gggtcgatca gccggggatg	7980
catcaggccg acagtcgga cttcgggtcc ccgacctgta ccattcggtg agcaatggat	8040
aggggagttg atatcgtcaa cgttcacttc taaagaaata gcgccactca gcttcctcag	8100
cggctttatc cagcgatttc ctattatgtc ggcatagttc tcaagatcga cagcctgtca	8160
cggttaagcg agaaatgaat aagaaggctg ataattcggg tctctgcgag ggagatgata	8220
tttgatcaca ggcagcaacg ctctgtcacc gttacaatca acatgctacc ctccgcgaga	8280
tcacccgtgt ttcaaaccg gcagcttagt tgccgttctt ccgaatagca tcggtaacat	8340
gagcaaagtc tgccgcctta caacggctct cccgctgacg ccgtcccggg ctgatgggct	8400
gcctgtatcg agtgggtgatt ttgtgccgag ctgcgggtcg gggagctgtt ggctggctgg	8460
tggcaggata tattgtggtg taaacaaatt gacgcttaga caacttaata acacattgcg	8520
gacgttttta atgtactggg gtgggttttc ttttcaccag tgagacgggc aacagctgat	8580
tgcccttcac cgctggccc tgagagagtt gcagcaagcg gtccacgctg gtttgcccca	8640
gcaggcgaaa atcctgtttg atgggtggtc cgaaatcggc aaaatccctt ataaatcaaa	8700
agaatagccc gagatagggt tgagtgttgt tccagtttg aacaagagtc cactattaaa	8760
gaactgggac tccaacgtca aaggcgaaa aaccgtctat cagggcgatg gccactacg	8820
tgaacctca cccaaatcaa gttttttggg gtcgaggtgc cgtaaagcac taaatcggaa	8880
ccctaaaggg agccccgat ttagagcttg acggggaaag ccggcgaaac tggcgagaaa	8940
ggaagggaag aaagcgaaag gagcgggcgc cattcaggct gcgcaactgt tgggaagggc	9000
gatcgggtcg ggcctcttcg ctattacgcc agctggcgaa agggggatgt gctgcaaggc	9060
gattaagttg ggtaacgcca gggttttccc agtcacgacg ttgtaaaacg acggccagt	9120
aattaattcc catctgaaa gaaatatagt ttaaatttt attgataaaa taacaagtca	9180
ggtattatag tccaagcaaa aacataaatt tattgatgca agtttaaatt cagaaatatt	9240
tcaataactg attatatcag ctggtacatt gccgtagatg aaagactgag tgcgatatta	9300
tgtgtaatac ataaattgat gatatagcta gcttagctca tcgggggatc cgtcgaagct	9360
agcttgggtc ccgctcagaa gaactcgtca agaaggcgat agaaggcgat gcgctgcgaa	9420
tcgggagcgg cgataccgta aagcacgagg aagcggtcag ccattcgcg gccaaagctct	9480
tcagcaatat cacgggtagc caacgctatg tcctgatagc ggtccgccac acccagccgg	9540
ccacagtcga tgaatccaga aaagcgcca ttttccacca tgatattcgg caagcaggca	9600
tcgccatggg tcacgacgag atcctcgccg tcgggcatgc gcgccttgag cctggcgaa	9660
agttcggctg gcgcgagccc ctgatgctct tcgtccagat catcctgatc gacaagaccg	9720

82

02

gcttccatcc	gagtacgtgc	tcgctcgatg	cgatgtttcg	cttggtggtc	gaatgggcag	9780
gtagccggat	caagcgtatg	cagccgccgc	attgcatcag	ccatgatgga	tactttctcg	9840
gcaggagcaa	ggtgagatga	caggagatcc	tgccccggca	cttcgcccga	tagcagccag	9900
tcccttcccc	cttcagtgac	aacgtcgagc	acagctgcgc	aaggaacgcc	cgctcgtggcc	9960
agccacgata	gccgcgctgc	ctcgtcctgc	agttcattca	gggcaccgga	caggtcggtc	10020
ttgacaaaaa	gaaccgggcg	cccctgcgct	gacagccgga	acacggcggc	atcagagcag	10080
ccgattgtct	gttgtgcccc	gtcatagccg	aatagcctct	ccacccaagc	ggccggagaa	10140
cctgcgtgca	atccatcttg	ttcaatccaa	gctcccatgg	gccctcgact	agagtcgaga	10200
tctggattga	gagtgaatat	gagactctaa	ttggataccg	aggggaattt	atggaacgtc	10260
agtggagcat	ttttgacaag	aaatatctgc	tagctgatag	tgaccttagg	cgacttttga	10320
acgcgcaata	atgggtttctg	acgtatgtgc	ttagctcatt	aaactccaga	aacccgcggc	10380
tgagtggctc	cttcaacggt	gcggttctgt	cagttccaaa	cgtaaaacgg	cttgtcccgc	10440
gtcatcggcg	ggggtcataa	cgtgactccc	ttaattctcc	gctcatgac	ttgatccccct	10500
gcgccatcag	atccttggcg	gcaagaaagc	catccagttt	actttgcagg	gcttcccaac	10560
cttaccagag	ggcgccccag	ctggcaattc	cggttcgctt	gctgtccata	aaaccgcccc	10620
gtctagctat	cgccatgtaa	gccactgca	agctacctgc	tttctctttg	cgcttgcggt	10680
ttcccttgtc	cagatagccc	agtagctgac	attcatccgg	ggtcagcacc	gtttctgcgg	10740
actggctttc	tacgtgttcc	gcttccttta	gcagcccttg	cgccctgagt	gcttgccgca	10800
gcgtgaagct	tgcatgcctg	caggtcgacg	gcgcgccgag	ctcctcgagc	aaatttacac	10860
attgccacta	aacgtctaaa	cccttgtaat	ttgtttttgt	tttactatgt	gtgttatgta	10920
tttgatttgc	gataaatttt	tatatattgg	actaaattta	taacaccttt	tatgctaacg	10980
tttgccaaca	cttagcaatt	tgcaagttga	ttaattgatt	ctaaattatt	tttgtcttct	11040
aaatacatat	actaatcaac	tggaaatgta	aatatttgct	aatatttcta	ctataggaga	11100
attaaagtga	gtgaatatgg	taccacaagg	tttggagatt	taattgttgc	aatgctgcat	11160
ggatggcata	tacaccaaac	attcaataat	tcttgaggat	aataatggta	ccacacaaga	11220
tttgaggtgc	atgaacgtca	cgtggacaaa	aggttttagta	atttttcaag	acaacaatgt	11280
taccacacac	aagtttttag	gtgcatgcat	ggatgccctg	tggaaagtgt	aaaaatatatt	11340
tggaaatgat	ttgcatggaa	gccatgtgta	aaaccatgac	atccacttgg	aggatgcaat	11400
aatgaagaaa	actacaaatt	tacatgcaac	tagttatgca	tgtagtctat	ataatgagga	11460
ttttgcaata	ctttcattca	tacacactca	ctaagtttta	cacgattata	atttcttcat	11520
agccagccca	ccgcggtgga	aa atg gag gtc	gtg gag aga	ttc tac ggt	gag	11572
Met Glu Val Val Glu Arg Phe Tyr Gly Glu						
1 5 10						
ttg gat ggg aag gtc tcg	cag ggc	gtg aat gca	ttg ctg ggt	agt ttt		11620
Leu Asp Gly Lys Val Ser	Gln Gly Val	Asn Ala Leu	Leu Gly Ser	Phe		
15 20 25						
ggg gtg gag ttg acg gat	acg ccc act acc	aaa ggc	ttg ccc ctc	gtt		11668
Gly Val Glu Leu Thr Asp	Thr Pro Thr	Lys Gly Leu	Pro Leu Val			
30 35 40						
gac agt ccc aca ccc atc	gtc ctc ggt gtt	tct gta tac	ttg act att			11716
Asp Ser Pro Thr Pro Ile	Val Leu Gly Val	Ser Val Tyr	Leu Thr Ile			
45 50 55						
gtc att gga ggg ctt ttg	tgg ata aag gcc	agg gat ctg	aaa ccg cgc			11764
Val Ile Gly Gly Leu Leu	Trp Ile Lys Ala	Arg Asp Leu	Lys Pro Arg			
60 65 70						
gcc tcg gag cca ttt ttg	ctc caa gct ttg	gtg ctt gtg	cac aac ctg			11812
Ala Ser Glu Pro Phe Leu	Leu Gln Ala Leu	Val Leu Val	His Asn Leu			
75	80	85	90			

83

ttc tgt ttt gcg ctc agt ctg tat atg tgc gtg ggc atc gct tat cag	11860
Phe Cys Phe Ala Leu Ser Leu Tyr Met Cys Val Gly Ile Ala Tyr Gln	
95 100 105	
gct att acc tgg cgg tac tct ctc tgg ggc aat gca tac aat cct aaa	11908
Ala Ile Thr Trp Arg Tyr Ser Leu Trp Gly Asn Ala Tyr Asn Pro Lys	
110 115 120	
cat aaa gag atg gcg att ctg gta tac ttg ttc tac atg tct aag tac	11956
His Lys Glu Met Ala Ile Leu Val Tyr Leu Phe Tyr Met Ser Lys Tyr	
125 130 135	
gtg gaa ttc atg gat acc gtt atc atg ata ctg aag cgc agc acc agg	12004
Val Glu Phe Met Asp Thr Val Ile Met Ile Leu Lys Arg Ser Thr Arg	
140 145 150	
caa ata agc ttc ctc cac gtt tat cat cat tct tca att tcc ctc att	12052
Gln Ile Ser Phe Leu His Val Tyr His His Ser Ser Ile Ser Leu Ile	
155 160 165 170	
tgg tgg gct att gct cat cac gct cct ggc ggt gaa gca tat tgg tct	12100
Trp Trp Ala Ile Ala His His Ala Pro Gly Gly Glu Ala Tyr Trp Ser	
175 180 185	
gcg gct ctg aac tca gga gtg cat gtt ctc atg tat gcg tat tac ttc	12148
Ala Ala Leu Asn Ser Gly Val His Val Leu Met Tyr Ala Tyr Tyr Phe	
190 195 200	
ttg gct gcc tgc ctt cga agt agc cca aag tta aaa aat aag tac ctt	12196
Leu Ala Ala Cys Leu Arg Ser Ser Pro Lys Leu Lys Asn Lys Tyr Leu	
205 210 215	
ttt tgg ggc agg tac ttg aca caa ttc caa atg ttc cag ttt atg ctg	12244
Phe Trp Gly Arg Tyr Leu Thr Gln Phe Gln Met Phe Gln Phe Met Leu	
220 225 230	
aac tta gtg cag gct tac tac gac atg aaa acg aat gcg cca tat cca	12292
Asn Leu Val Gln Ala Tyr Tyr Asp Met Lys Thr Asn Ala Pro Tyr Pro	
235 240 245 250	
caa tgg ctg atc aag att ttg ttc tac tac atg atc tcg ttg ctg ttt	12340
Gln Trp Leu Ile Lys Ile Leu Phe Tyr Tyr Met Ile Ser Leu Leu Phe	
255 260 265	
ctt ttc ggc aat ttt tac gta caa aaa tac atc aaa ccc tct gac gga	12388
Leu Phe Gly Asn Phe Tyr Val Gln Lys Tyr Ile Lys Pro Ser Asp Gly	
270 275 280	
aag caa aag gga gct aaa act gag tga tctagaaggc ctctgtcttt	12435
Lys Gln Lys Gly Ala Lys Thr Glu	
285 290	
aatgagatat gcgagacgcc tatgatcgca tgatatttgc tttcaattct gttgtgcacg	12495
ttgtaaaaaa cctgagcatg tgtagctcag atccttaccg ccggtttcgg ttcattctaa	12555
tgaatatatc acccgttact atcgattttt tatgaataat attctccggt caattttactg	12615
attgtccgtc gagcaaattt acacattgcc actaaacgtc taaacccttg taattttgttt	12675
ttgttttact atgtgtgtta tgtatttgat ttgcgataaa tttttatatt tgggtactaaa	12735
tttataacac cttttatgct aacgtttgcc aacacttagc aatttgcaag ttgattaatt	12795
gattctaaat tatttttgtc ttctaaatac atatactaact caactggaaa tgtaaatatt	12855
tgctaataatt tctactatag gagaattaaa gtgagtgaat atgggtaccac aagggttgga	12915
gatttaattg ttgcaatgct gcatggatgg catatacacc aaacattcaa taattcttga	12975

84

ggataataat ggtaccacac aagatttgag gtgcatgaac gtcacgtgga caaaagggtt 13035
 agtaattttt caagacaaca atgttaccac acacaagttt tgagggtgcat gcatggatgc 13095
 cctgtggaaa gtttaaaaat attttggaaa tgatttgcac ggaagccatg tgtaaaacca 13155
 tgacatccac ttggaggatg caataatgaa gaaaactaca aatttacatg caactagtta 13215
 tgcattgtat ctatataatg aggattttgc aatactttca ttcatacaca ctcactaagt 13275
 tttacacgat tataatttct tcatagccag cggatcc atg gta ttc gcg ggc ggt 13330
 Met Val Phe Ala Gly Gly
 295
 gga ctt cag cag ggc tct ctc gaa gaa aac atc gac gtc gag cac att 13378
 Gly Leu Gln Gln Gly Ser Leu Glu Glu Asn Ile Asp Val Glu His Ile
 300 305 310
 gcc agt atg tct ctc ttc agc gac ttc ttc agt tat gtg tct tca act 13426
 Ala Ser Met Ser Leu Phe Ser Asp Phe Phe Ser Tyr Val Ser Ser Thr
 315 320 325
 gtt ggt tcg tgg agc gta cac agt ata caa cct ttg aag cgc ctg acg 13474
 Val Gly Ser Trp Ser Val His Ser Ile Gln Pro Leu Lys Arg Leu Thr
 330 335 340
 agt aag aag cgt gtt tcg gaa agc gct gcc gtg caa tgt ata tca gct 13522
 Ser Lys Lys Arg Val Ser Glu Ser Ala Ala Val Gln Cys Ile Ser Ala
 345 350 355 360
 gaa gtt cag aga aat tcg agt acc cag gga act gcg gag gca ctc gca 13570
 Glu Val Gln Arg Asn Ser Ser Thr Gln Gly Thr Ala Glu Ala Leu Ala
 365 370 375
 gaa tca gtc gtg aag ccc acg aga cga agg tca tct cag tgg aag aag 13618
 Glu Ser Val Val Lys Pro Thr Arg Arg Arg Ser Ser Gln Trp Lys Lys
 380 385 390
 tcg aca cac ccc cta tca gaa gta gca gta cac aac aag cca agc gat 13666
 Ser Thr His Pro Leu Ser Glu Val Ala Val His Asn Lys Pro Ser Asp
 395 400 405
 tgc tgg att gtt gta aaa aac aag gtg tat gat gtt tcc aat ttt gcg 13714
 Cys Trp Ile Val Val Lys Asn Lys Val Tyr Asp Val Ser Asn Phe Ala
 410 415 420
 gac gag cat ccc gga gga tca gtt att agt act tat ttt gga cga gac 13762
 Asp Glu His Pro Gly Gly Ser Val Ile Ser Thr Tyr Phe Gly Arg Asp
 425 430 435 440
 ggc aca gat gtt ttc tct agt ttt cat gca gct tct aca tgg aaa att 13810
 Gly Thr Asp Val Phe Ser Ser Phe His Ala Ala Ser Thr Trp Lys Ile
 445 450 455
 ctt caa gac ttt tac att ggt gac gtg gag agg gtg gag ccg act cca 13858
 Leu Gln Asp Phe Tyr Ile Gly Asp Val Glu Arg Val Glu Pro Thr Pro
 460 465 470
 gag ctg ctg aaa gat ttc cga gaa atg aga gct ctt ttc ctg agg gag 13906
 Glu Leu Leu Lys Asp Phe Arg Glu Met Arg Ala Leu Phe Leu Arg Glu
 475 480 485
 caa ctt ttc aaa agt tcg aaa ttg tac tat gtt atg aag ctg ctc acg 13954
 Gln Leu Phe Lys Ser Ser Lys Leu Tyr Tyr Val Met Lys Leu Leu Thr
 490 495 500
 aat gtt gct att ttt gct gcg agc att gca ata ata tgt tgg agc aag 14002

85

Asn Val Ala Ile Phe Ala Ala Ser Ile Ala Ile Ile Cys Trp Ser Lys
 505 510 515 520
 act att tca gcg gtt ttg gct tca gct tgt atg atg gct ctg tgt ttc 14050
 Thr Ile Ser Ala Val Leu Ala Ser Ala Cys Met Met Ala Leu Cys Phe
 525 530 535
 caa cag tgc gga tgg cta tcc cat gat ttt ctc cac aat cag gtg ttt 14098
 Gln Gln Cys Gly Trp Leu Ser His Asp Phe Leu His Asn Gln Val Phe
 540 545 550
 gag aca cgc tgg ctt aat gaa gtt gtc ggg tat gtg atc ggc aac gcc 14146
 Glu Thr Arg Trp Leu Asn Glu Val Val Gly Tyr Val Ile Gly Asn Ala
 555 560 565
 gtt ctg ggg ttt agt aca ggg tgg tgg aag gag aag cat aac ctt cat 14194
 Val Leu Gly Phe Ser Thr Gly Trp Trp Lys Glu Lys His Asn Leu His
 570 575 580
 cat gct gct cca aat gaa tgc gat cag act tac caa cca att gat gaa 14242
 His Ala Ala Pro Asn Glu Cys Asp Gln Thr Tyr Gln Pro Ile Asp Glu
 585 590 595 600
 gat att gat act ctc ccc ctc att gcc tgg agc aag gac ata ctg gcc 14290
 Asp Ile Asp Thr Leu Pro Leu Ile Ala Trp Ser Lys Asp Ile Leu Ala
 605 610 615
 aca gtt gag aat aag aca ttc ttg cga atc ctc caa tac cag cat ctg 14338
 Thr Val Glu Asn Lys Thr Phe Leu Arg Ile Leu Gln Tyr Gln His Leu
 620 625 630
 ttc ttc atg ggt ctg tta ttt ttc gcc cgt ggt agt tgg ctc ttt tgg 14386
 Phe Phe Met Gly Leu Leu Phe Phe Ala Arg Gly Ser Trp Leu Phe Trp
 635 640 645
 agc tgg aga tat acc tct aca gca gtg ctc tca cct gtc gac agg ttg 14434
 Ser Trp Arg Tyr Thr Ser Thr Ala Val Leu Ser Pro Val Asp Arg Leu
 650 655 660
 ttg gag aag gga act gtt ctg ttt cac tac ttt tgg ttc gtc ggg aca 14482
 Leu Glu Lys Gly Thr Val Leu Phe His Tyr Phe Trp Phe Val Gly Thr
 665 670 675 680
 gcg tgc tat ctt ctc cct ggt tgg aag cca tta gta tgg atg gcg gtg 14530
 Ala Cys Tyr Leu Leu Pro Gly Trp Lys Pro Leu Val Trp Met Ala Val
 685 690 695
 act gag ctc atg tcc ggc atg ctg ctg ggc ttt gta ttt gta ctt agc 14578
 Thr Glu Leu Met Ser Gly Met Leu Leu Gly Phe Val Phe Val Leu Ser
 700 705 710
 cac aat ggg atg gag gtt tat aat tcg tct aaa gaa ttc gtg agt gca 14626
 His Asn Gly Met Glu Val Tyr Asn Ser Ser Lys Glu Phe Val Ser Ala
 715 720 725
 cag atc gta tcc aca cgg gat atc aaa gga aac ata ttc aac gac tgg 14674
 Gln Ile Val Ser Thr Arg Asp Ile Lys Gly Asn Ile Phe Asn Asp Trp
 730 735 740
 ttc act ggt ggc ctt aac agg caa ata gag cat cat ctt ttc cca aca 14722
 Phe Thr Gly Gly Leu Asn Arg Gln Ile Glu His His Leu Phe Pro Thr
 745 750 755 760
 atg ccc agg cat aat tta aac aaa ata gca cct aga gtg gag gtg ttc 14770

86

Met Pro Arg His Asn Leu Asn Lys Ile Ala Pro Arg Val Glu Val Phe
 765 770 775
 tgt aag aaa cac ggt ctg gtg tac gaa gac gta tct att gct acc ggc 14818
 Cys Lys Lys His Gly Leu Val Tyr Glu Asp Val Ser Ile Ala Thr Gly
 780 785 790
 act tgc aag gtt ttg aaa gca ttg aag gaa gtc gcg gag gct gcg gca 14866
 Thr Cys Lys Val Leu Lys Ala Leu Lys Glu Val Ala Glu Ala Ala
 795 800 805
 gag cag cat gct acc acc agt taa gctagcgtaa accctgcttt aatgagatat 14920
 Glu Gln His Ala Thr Thr Ser
 810 815
 gcgagacgcc tatgatcgca tgatatttgc tttcaattct gttgtgcacg ttgtaaaaaa 14980
 cctgagcatg tgtagctcag atccttacgg ccggtttcgg ttcattctaa tgaatatatc 15040
 acccgttact atcgtatttt tatgaataat attctccggt caattttactg attgtccgctc 15100
 gagcaaattt acacattgcc actaaacgctc taaacccttg taattttgttt ttgttttact 15160
 atgtgtgtta tgtatttgat ttgcgataaa tttttatatt tggactaaa tttataacac 15220
 cttttatgct aacgtttgcc aacacttagc aatttgcaag ttgattaatt gattctaaat 15280
 tatttttgtc ttctaaatac atatactaact caactggaaa tgtaaatatt tgctaataat 15340
 tctactatag gagaattaaa gtgagtgaat atgggtaccac aaggtttgga gatttaattg 15400
 ttgcàatgct gcatggatgg catatacacc aaacattcaa taattcttga ggataataat 15460
 ggtaccacac aagatttgag gtgcatgaac gtcacgtgga caaaagggtt agtaattttt 15520
 caagacaaca atgttaccac acacaagttt tgaggtgcat gcatggatgc cctgtggaaa 15580
 gtttaaaaaat attttggaat tgatttgcac ggaagccatg tgtaaaacca tgacatccac 15640
 ttggaggatg caataatgaa gaaaactaca aattttacatg caactagtta tgcagttagt 15700
 ctatataatg aggtatttgc aatactttca ttcatacaca ctactaagt tttacacgat 15760
 tataatttct tcatagccag cagatctaaa atg gct ccg gat gcg gat aag ctt 15814
 Met Ala Pro Asp Ala Asp Lys Leu
 820
 cga caa cgc cag acg act gcg gta gcg aag cac aat gct gct acc ata 15862
 Arg Gln Arg Gln Thr Thr Ala Val Ala Lys His Asn Ala Ala Thr Ile
 825 830 835
 tcg acg cag gaa cgc ctt tgc agt ctg tct tcg ctc aaa ggc gaa gaa 15910
 Ser Thr Gln Glu Arg Leu Cys Ser Leu Ser Ser Leu Lys Gly Glu Glu
 840 845 850 855
 gtc tgc atc gac gga atc atc tat gac ctc caa tca ttc gat cat ccc 15958
 Val Cys Ile Asp Gly Ile Ile Tyr Asp Leu Gln Ser Phe Asp His Pro
 860 865 870
 ggg ggt gaa acg atc aaa atg ttt ggt ggc aac gat gtc act gta cag 16006
 Gly Gly Glu Thr Ile Lys Met Phe Gly Gly Asn Asp Val Thr Val Gln
 875 880 885
 tac aag atg att cac ccg tac cat acc gag aag cat ttg gaa aag atg 16054
 Tyr Lys Met Ile His Pro Tyr His Thr Glu Lys His Leu Glu Lys Met
 890 895 900
 aag cgt gtc ggc aag gtg acg gat ttc gtc tgc gag tac aag ttc gat 16102
 Lys Arg Val Gly Lys Val Thr Asp Phe Val Cys Glu Tyr Lys Phe Asp
 905 910 915
 acc gaa ttt gaa cgc gaa atc aaa cga gaa gtc ttc aag att gtg cga 16150
 Thr Glu Phe Glu Arg Glu Ile Lys Arg Glu Val Phe Lys Ile Val Arg

87

920	925	930	935	
cga ggc aag gat ttc ggt act ttg gga tgg ttc ttc cgt gcg ttt tgc				16198
Arg Gly Lys Asp Phe Gly Thr Leu Gly Trp Phe Phe Arg Ala Phe Cys				
	940	945	950	
tac att gcc att ttc ttc tac ctg cag tac cat tgg gtc acc acg gga				16246
Tyr Ile Ala Ile Phe Phe Tyr Leu Gln Tyr His Trp Val Thr Thr Gly				
	955	960	965	
acc tct tgg ctg ctg gcc gtg gcc tac gga atc tcc caa gcg atg att				16294
Thr Ser Trp Leu Leu Ala Val Ala Tyr Gly Ile Ser Gln Ala Met Ile				
	970	975	980	
ggc atg aat gtc cag cac gat gcc aac cac ggg gcc acc tcc aag cgt				16342
Gly Met Asn Val Gln His Asp Ala Asn His Gly Ala Thr Ser Lys Arg				
	985	990	995	
ccc tgg gtc aac gac atg cta ggc ctc ggt gcg gat ttt att ggt				16387
Pro Trp Val Asn Asp Met Leu Gly Leu Gly Ala Asp Phe Ile Gly				
1000	1005	1010		
ggt tcc aag tgg ctc tgg cag gaa caa cac tgg acc cac cac gct				16432
Gly Ser Lys Trp Leu Trp Gln Glu Gln His Trp Thr His His Ala				
1015	1020	1025		
tac acc aat cac gcc gag atg gat ccc gat agc ttt ggt gcc gaa				16477
Tyr Thr Asn His Ala Glu Met Asp Pro Asp Ser Phe Gly Ala Glu				
1030	1035	1040		
cca atg ctc cta ttc aac gac tat ccc ttg gat cat ccc gct cgt				16522
Pro Met Leu Leu Phe Asn Asp Tyr Pro Leu Asp His Pro Ala Arg				
1045	1050	1055		
acc tgg cta cat cgc ttt caa gca ttc ttt tac atg ccc gtc ttg				16567
Thr Trp Leu His Arg Phe Gln Ala Phe Phe Tyr Met Pro Val Leu				
1060	1065	1070		
gct gga tac tgg ttg tcc gct gtc ttc aat cca caa att ctt gac				16612
Ala Gly Tyr Trp Leu Ser Ala Val Phe Asn Pro Gln Ile Leu Asp				
1075	1080	1085		
ctc cag caa cgc ggc gca ctt tcc gtc ggt atc cgt ctc gac aac				16657
Leu Gln Gln Arg Gly Ala Leu Ser Val Gly Ile Arg Leu Asp Asn				
1090	1095	1100		
gct ttc att cac tcg cga cgc aag tat gcg gtt ttc tgg cgg gct				16702
Ala Phe Ile His Ser Arg Arg Lys Tyr Ala Val Phe Trp Arg Ala				
1105	1110	1115		
gtg tac att gcg gtg aac gtg att gct ccg ttt tac aca aac tcc				16747
Val Tyr Ile Ala Val Asn Val Ile Ala Pro Phe Tyr Thr Asn Ser				
1120	1125	1130		
ggc ctc gaa tgg tcc tgg cgt gtc ttt gga aac atc atg ctc atg				16792
Gly Leu Glu Trp Ser Trp Arg Val Phe Gly Asn Ile Met Leu Met				
1135	1140	1145		
ggt gtg gcg gaa tcg ctc gcg ctg gcg gtc ctg ttt tcg ttg tcg				16837
Gly Val Ala Glu Ser Leu Ala Leu Ala Val Leu Phe Ser Leu Ser				
1150	1155	1160		
cac aat ttc gaa tcc gcg gat cgc gat ccg acc gcc cca ctg aaa				16882
His Asn Phe Glu Ser Ala Asp Arg Asp Pro Thr Ala Pro Leu Lys				

88

1165 1170 1175
 aag acg gga gaa cca gtc gac tgg ttc aag aca cag gtc gaa act 16927
 Lys Thr Gly Glu Pro Val Asp Trp Phe Lys Thr Gln Val Glu Thr
 1180 1185 1190
 tcc tgc act tac ggt gga ttc ctt tcc ggt tgc ttc acg gga ggt 16972
 Ser Cys Thr Tyr Gly Gly Phe Leu Ser Gly Cys Phe Thr Gly Gly
 1195 1200 1205
 ctc aac ttt cag gtt gaa cac cac ttg ttc cca cgc atg agc agc 17017
 Leu Asn Phe Gln Val Glu His His Leu Phe Pro Arg Met Ser Ser
 1210 1215 1220
 gct tgg tat ccc tac att gcc ccc aag gtc cgc gaa att tgc gcc 17062
 Ala Trp Tyr Pro Tyr Ile Ala Pro Lys Val Arg Glu Ile Cys Ala
 1225 1230 1235
 aaa cac ggc gtc cac tac gcc tac tac ccg tgg atc cac caa aac 17107
 Lys His Gly Val His Tyr Ala Tyr Tyr Pro Trp Ile His Gln Asn
 1240 1245 1250
 ttt ctc tcc acc gtc cgc tac atg cac gcg gcc ggg acc ggt gcc 17152
 Phe Leu Ser Thr Val Arg Tyr Met His Ala Ala Gly Thr Gly Ala
 1255 1260 1265
 aac tgg cgc cag atg gcc aga gaa aat ccc ttg acc gga cgg gcg 17197
 Asn Trp Arg Gln Met Ala Arg Glu Asn Pro Leu Thr Gly Arg Ala
 1270 1275 1280
 taa agatctgccg gcatcgatcc cgggccatgg cctgctttaa tgagatatgc 17250
 gagacgccta tgatcgcatg atatttgctt tcaattctgt tgtgcacggt gtaaaaaacc 17310
 tgagcatgtg tagctcagat ccttaccgcc ggttcgggtt cattctaag aatatatcac 17370
 ccgttactat cgtattttta tgaataatat tctccgttca atttactgat tgtccgtcga 17430
 cgagctcggc gcgcctctag aggatcgatg aattcagatc ggctgagtgg ctccttcaac 17490
 gttgcggttc tgtcagttcc aaacgtaaaa cggcttgctc cgcgtcatcg gcgggggtca 17550
 taacgtgact cccttaattc tccgctcatg atcagattgt cgtttcccgc cttcagttta 17610
 aactatcagt gtttgacagg atatattggc gggtaaacct aagagaaaag agcgtttatt 17670
 agaataatcg gatattttaa agggcgtgaa aagggttatc cttcgtccat ttgtatgtgc 17730
 atgccaacca cagggttccc ca 17752

<210> 57

<211> 290

<212> PRT

<213> *Phaeodactylum tricornutum*, *Physcomitrella patens*

<400> 57

Met Glu Val Val Glu Arg Phe Tyr Gly Glu Leu Asp Gly Lys Val Ser
 1 5 10 15
 Gln Gly Val Asn Ala Leu Leu Gly Ser Phe Gly Val Glu Leu Thr Asp
 20 25 30
 Thr Pro Thr Thr Lys Gly Leu Pro Leu Val Asp Ser Pro Thr Pro Ile
 35 40 45
 Val Leu Gly Val Ser Val Tyr Leu Thr Ile Val Ile Gly Gly Leu Leu

[illegible]

<400> 58

Met	Val	Phe	Ala	Gly	Gly	Gly	Leu	Gln	Gln	Gly	Ser	Leu	Glu	Glu	Asn
1				5					10					15	
Ile	Asp	Val	Glu	His	Ile	Ala	Ser	Met	Ser	Leu	Phe	Ser	Asp	Phe	Phe
			20					25					30		
Ser	Tyr	Val	Ser	Ser	Thr	Val	Gly	Ser	Trp	Ser	Val	His	Ser	Ile	Gln
		35					40					45			
Pro	Leu	Lys	Arg	Leu	Thr	Ser	Lys	Lys	Arg	Val	Ser	Glu	Ser	Ala	Ala
	50						55				60				

90

Val Gln Cys Ile Ser Ala Glu Val Gln Arg Asn Ser Ser Thr Gln Gly
 65 70 75 80
 Thr Ala Glu Ala Leu Ala Glu Ser Val Val Lys Pro Thr Arg Arg Arg
 85 90 95
 Ser Ser Gln Trp Lys Lys Ser Thr His Pro Leu Ser Glu Val Ala Val
 100 105 110
 His Asn Lys Pro Ser Asp Cys Trp Ile Val Val Lys Asn Lys Val Tyr
 115 120 125
 Asp Val Ser Asn Phe Ala Asp Glu His Pro Gly Gly Ser Val Ile Ser
 130 135 140
 Thr Tyr Phe Gly Arg Asp Gly Thr Asp Val Phe Ser Ser Phe His Ala
 145 150 155 160
 Ala Ser Thr Trp Lys Ile Leu Gln Asp Phe Tyr Ile Gly Asp Val Glu
 165 170 175
 Arg Val Glu Pro Thr Pro Glu Leu Leu Lys Asp Phe Arg Glu Met Arg
 180 185 190
 Ala Leu Phe Leu Arg Glu Gln Leu Phe Lys Ser Ser Lys Leu Tyr Tyr
 195 200 205
 Val Met Lys Leu Leu Thr Asn Val Ala Ile Phe Ala Ala Ser Ile Ala
 210 215 220
 Ile Ile Cys Trp Ser Lys Thr Ile Ser Ala Val Leu Ala Ser Ala Cys
 225 230 235 240
 Met Met Ala Leu Cys Phe Gln Gln Cys Gly Trp Leu Ser His Asp Phe
 245 250 255
 Leu His Asn Gln Val Phe Glu Thr Arg Trp Leu Asn Glu Val Val Gly
 260 265 270
 Tyr Val Ile Gly Asn Ala Val Leu Gly Phe Ser Thr Gly Trp Trp Lys
 275 280 285
 Glu Lys His Asn Leu His His Ala Ala Pro Asn Glu Cys Asp Gln Thr
 290 295 300
 Tyr Gln Pro Ile Asp Glu Asp Ile Asp Thr Leu Pro Leu Ile Ala Trp
 305 310 315 320
 Ser Lys Asp Ile Leu Ala Thr Val Glu Asn Lys Thr Phe Leu Arg Ile
 325 330 335
 Leu Gln Tyr Gln His Leu Phe Phe Met Gly Leu Leu Phe Phe Ala Arg
 340 345 350
 Gly Ser Trp Leu Phe Trp Ser Trp Arg Tyr Thr Ser Thr Ala Val Leu
 355 360 365
 Ser Pro Val Asp Arg Leu Leu Glu Lys Gly Thr Val Leu Phe His Tyr
 370 375 380
 Phe Trp Phe Val Gly Thr Ala Cys Tyr Leu Leu Pro Gly Trp Lys Pro
 385 390 395 400
 Leu Val Trp Met Ala Val Thr Glu Leu Met Ser Gly Met Leu Leu Gly
 405 410 415
 Phe Val Phe Val Leu Ser His Asn Gly Met Glu Val Tyr Asn Ser Ser
 420 425 430
 Lys Glu Phe Val Ser Ala Gln Ile Val Ser Thr Arg Asp Ile Lys Gly
 435 440 445

91

Asn Ile Phe Asn Asp Trp Phe Thr Gly Gly Leu Asn Arg Gln Ile Glu
 450 455 460
 His His Leu Phe Pro Thr Met Pro Arg His Asn Leu Asn Lys Ile Ala
 465 470 475 480
 Pro Arg Val Glu Val Phe Cys Lys Lys His Gly Leu Val Tyr Glu Asp
 485 490 495
 Val Ser Ile Ala Thr Gly Thr Cys Lys Val Leu Lys Ala Leu Lys Glu
 500 505 510
 Val Ala Glu Ala Ala Ala Glu Gln His Ala Thr Thr Ser
 515 520 525

<210> 59

<211> 469

<212> PRT

<213> *Phaeodactylum tricornutum*, *Physcomitrella patens*

<400> 59

Met Ala Pro Asp Ala Asp Lys Leu Arg Gln Arg Gln Thr Thr Ala Val
 1 5 10 15
 Ala Lys His Asn Ala Ala Thr Ile Ser Thr Gln Glu Arg Leu Cys Ser
 20 25 30
 Leu Ser Ser Leu Lys Gly Glu Glu Val Cys Ile Asp Gly Ile Ile Tyr
 35 40 45
 Asp Leu Gln Ser Phe Asp His Pro Gly Gly Glu Thr Ile Lys Met Phe
 50 55 60
 Gly Gly Asn Asp Val Thr Val Gln Tyr Lys Met Ile His Pro Tyr His
 65 70 75 80
 Thr Glu Lys His Leu Glu Lys Met Lys Arg Val Gly Lys Val Thr Asp
 85 90 95
 Phe Val Cys Glu Tyr Lys Phe Asp Thr Glu Phe Glu Arg Glu Ile Lys
 100 105 110
 Arg Glu Val Phe Lys Ile Val Arg Arg Gly Lys Asp Phe Gly Thr Leu
 115 120 125
 Gly Trp Phe Phe Arg Ala Phe Cys Tyr Ile Ala Ile Phe Phe Tyr Leu
 130 135 140
 Gln Tyr His Trp Val Thr Thr Gly Thr Ser Trp Leu Leu Ala Val Ala
 145 150 155 160
 Tyr Gly Ile Ser Gln Ala Met Ile Gly Met Asn Val Gln His Asp Ala
 165 170 175
 Asn His Gly Ala Thr Ser Lys Arg Pro Trp Val Asn Asp Met Leu Gly
 180 185 190
 Leu Gly Ala Asp Phe Ile Gly Gly Ser Lys Trp Leu Trp Gln Glu Gln
 195 200 205
 His Trp Thr His His Ala Tyr Thr Asn His Ala Glu Met Asp Pro Asp
 210 215 220
 Ser Phe Gly Ala Glu Pro Met Leu Leu Phe Asn Asp Tyr Pro Leu Asp

92

225 230 235 240
 His Pro Ala Arg Thr Trp Leu His Arg Phe Gln Ala Phe Phe Tyr Met
 245 250 255
 Pro Val Leu Ala Gly Tyr Trp Leu Ser Ala Val Phe Asn Pro Gln Ile
 260 265 270
 Leu Asp Leu Gln Gln Arg Gly Ala Leu Ser Val Gly Ile Arg Leu Asp
 275 280 285
 Asn Ala Phe Ile His Ser Arg Arg Lys Tyr Ala Val Phe Trp Arg Ala
 290 295 300
 Val Tyr Ile Ala Val Asn Val Ile Ala Pro Phe Tyr Thr Asn Ser Gly
 305 310 315 320
 Leu Glu Trp Ser Trp Arg Val Phe Gly Asn Ile Met Leu Met Gly Val
 325 330 335
 Ala Glu Ser Leu Ala Leu Ala Val Leu Phe Ser Leu Ser His Asn Phe
 340 345 350
 Glu Ser Ala Asp Arg Asp Pro Thr Ala Pro Leu Lys Lys Thr Gly Glu
 355 360 365
 Pro Val Asp Trp Phe Lys Thr Gln Val Glu Thr Ser Cys Thr Tyr Gly
 370 375 380
 Gly Phe Leu Ser Gly Cys Phe Thr Gly Gly Leu Asn Phe Gln Val Glu
 385 390 395 400
 His His Leu Phe Pro Arg Met Ser Ser Ala Trp Tyr Pro Tyr Ile Ala
 405 410 415
 Pro Lys Val Arg Glu Ile Cys Ala Lys His Gly Val His Tyr Ala Tyr
 420 425 430
 Tyr Pro Trp Ile His Gln Asn Phe Leu Ser Thr Val Arg Tyr Met His
 435 440 445
 Ala Ala Gly Thr Gly Ala Asn Trp Arg Gln Met Ala Arg Glu Asn Pro
 450 455 460
 Leu Thr Gly Arg Ala
 465

<210> 60

<211> 26

<212> DNA

<213> artificial sequence

<400> 60

gaattcggcg cgccgagctc ctcgag

26

<210> 61

<211> 265

<212> DNA

<213> artificial sequence

93

<400> 61

ccaccgcggt gggcgccgc ctgcagteta gaaggcctcc tgctttaatg agatatgcga 60
gacgcctatg atcgcatgat atttgctttc aattctgttg tgcacgttg aaaaaacctg 120
agcatgtgta gctcagatcc ttaccgccgg ttccggttca ttctaataa tatatcaccc 180
gttactatcg tatttttatg aataatattc tccgttcaat ttactgattg tccgtcgacg 240
aattcgagct cggcgccca agctt 265

<210> 62

<211> 257

<212> DNA

<213> artificial sequence

<400> 62

ggatccgata tcgggcccgc tagcggttaac cctgctttaa tgagatatgc gagacgccta 60
tgatcgcatg atatttgctt tcaattctgt tgtgcacgtt gtaaaaaacc tgagcatgtg 120
tagctcagat ccttaccgcc ggtttcggtt cattctaataa aatatatcac ccgttactat 180
cgtattttta tgaataatat tctccgttca atttactgat tgtccgtcga cgaattcgag 240
ctcggcgccg caagctt 257

<210> 63

<211> 5410

<212> DNA

<213> artificial sequence

<400> 63

ttttggaaat gatttgcatg gaagccatgt gtaaaacat gacatccact tggaggatgc 60
aataatgaag aaaactacaa atttacatgc aactagtatt gcatgtagtc tatataatga 120
ggattttgca atactttcat tcatacacac tactaagtt ttacacgatt ataatttctt 180
catagccagc ggatccgata tcgggcccgc tagcggttaac cctgctttaa tgagatatgc 240
gagacgccta tgatcgcatg atatttgctt tcaattctgt tgtgcacgtt gtaaaaaacc 300
tgagcatgtg tagctcagat ccttaccgcc ggtttcggtt cattctaataa aatatatcac 360
ccgttactat cgtattttta tgaataatat tctccgttca atttactgat tgtccgtcga 420
gcaaatttac acattgccac taaacgtcta aacccttgta atttgttttt gttttactat 480
gtgtgttatg tatttgattt gcgataaatt tttatatttg gtactaaatt tataacacct 540
tttatgctaa cgtttgccaa cacttagcaa tttgcaagtt gattaattga ttctaaatta 600
tttttgctt ctaaatacat atactaatca actggaaatg taaatatttg ctaattttc 660
tactatagga gaattaaagt gagtgaatat ggtaccacaa ggtttggaga ttaattgtt 720
gcaatgctgc atggatggca tatacacaa acattcaata attcttgagg ataataatgg 780
taccacacaa gatttgaggt gcatgaacgt cagtggtgaca aaagggttag taatttttca 840
agacaacaat gttaccacac acaagttttg aggtgcatgc atggatgcc tgtggaaagt 900
ttaaaaatat tttggaaatg atttgcatgg aagccatgtg taaaaccatg acatccactt 960
ggaggatgca ataataaga aaactacaaa tttacatgca actagtattg catgtagtct 1020

atataatgag	gattttgcaa	tactttcatt	catacacact	cactaagttt	tacacgatta	1080
taattttcttc	atagccagca	gatctgccgg	catcgatccc	gggccatggc	ctgctttaat	1140
gagatatgcg	agacgcctat	gatcgcatga	tatttgcttt	caattctgtt	gtgcacgttg	1200
taaaaaacct	gagcatgtgt	agctcagatc	cttaccgccg	gtttcggttc	attctaataga	1260
atataatcacc	cgttactatc	gtatttttat	gaataatatt	ctccgttcaa	tttactgatt	1320
gtccgctcgac	gagctcggcg	cgccaagctt	ggcgtaatca	tggatcatagc	tgtttcctgt	1380
gtgaaattgt	tatccgctca	caattccaca	caacatacga	gccggaagca	taaagtgtaa	1440
agcctgggggt	gcctaataag	tgagctaact	cacattaatt	gcgttgccgt	cactgcccgc	1500
tttccagtcg	ggaaacctgt	cgtgccagct	gcattaatga	atcggcccaac	gcgcggggag	1560
aggcgggttg	cgtattgggc	gctcttcggc	ttcctcgcgc	actgactcgc	tgcgctcggt	1620
cgttcggctg	cggcgagcgg	tatcagctca	ctcaaaggcg	gtaatacggg	tatccacaga	1680
atcaggggat	aacgcaggaa	agaacatgtg	agcaaaaaggc	cagcaaaaagg	ccaggaaccg	1740
taaaaaaggcc	gcgttgctgg	cgtttttcca	taggctccgc	ccccctgacg	agcatcacaa	1800
aaatcgacgc	tcaagtcaga	ggtggcgaaa	cccgacagga	ctataaagat	accaggcggt	1860
tccccctgga	agctccctcg	tgcgctctcc	tgttccgacc	ctgccgctta	ccggatacct	1920
gtccgccttt	ctcccttcgg	gaagcgtggc	gctttctcat	agctcacgct	gtaggtatct	1980
cagttcggtg	taggtcggtc	gctccaagct	gggctgtgtg	cacgaacccc	ccgttcagcc	2040
cgaccgctgc	gccttatccg	gtaactatcg	tcttgagtc	aaccgggtaa	gacacgactt	2100
atcgccactg	gcagcagcca	ctggtaacag	gattagcaga	gcgaggtatg	taggcgggtgc	2160
tacagagttc	ttgaagtggg	ggcctaacta	cggctacact	agaaggacag	tatttggtat	2220
ctgcgctctg	ctgaagccag	ttaccttcgg	aaaaagagtt	ggtagctctt	gatccggcaa	2280
acaaaccacc	gctggtagcg	gtgggttttt	tgtttgcaag	cagcagatta	cgcgagaaa	2340
aaaaggatct	caagaagatc	ctttgatctt	ttctacgggg	tctgacgctc	agtggaaacga	2400
aaactcacgt	taagggattt	tggatcatgag	attatcaaaa	aggatcttca	cctagatcct	2460
tttaaattaa	aatgaagt	ttaaatcaat	ctaaagtata	tatgagtaaa	cttgggtctga	2520
cagttacca	tgcttaatca	gtgaggcacc	tatctcagcg	atctgtctat	ttcgttcac	2580
catagttgcc	tgactccccg	tcgtgtagat	aactacgata	cgggaggggc	taccatctgg	2640
ccccagtgct	gcaatgatac	cgcgagaccc	acgctcaccg	gctccagatt	tatcagcaat	2700
aaaccagcca	gccggaaggg	ccgagcgagc	aagtggctct	gcaactttat	ccgcctccat	2760
ccagttctatt	aattgttgcc	gggaagctag	agtaagtagt	tcgccagtta	atagtttgcg	2820
caacgttggt	gccattgcta	caggcatcgt	ggtgtcacgc	tcgtcggttg	gtatggcttc	2880
attcagctcc	ggttcccaac	gatcaaggcg	agttacatga	tccccatgt	tgtgcaaaaa	2940
agcggttagc	tccttcggtc	ctccgatcgt	tgtcagaagt	aagttggccg	cagtggtatc	3000
actcatggtt	atggcagcac	tgcataatc	tcttactgtc	atgccatccg	taagatgctt	3060
ttctgtgact	ggtgagtact	caaccaagtc	attctgagaa	tagtgtatgc	ggcgaccgag	3120
ttgtctctgc	ccggcgctca	tacgggataa	taccgcgcc	catagcagaa	ctttaaaagt	3180
gctcatcatt	ggaaaacgtt	cttcggggcg	aaaactctca	aggatcttac	cgctgttgag	3240
atccagttcg	atgtaaccca	ctcgtgcacc	caactgatct	tcagcatctt	ttactttcac	3300
cagcgtttct	gggtgagcaa	aaacaggaag	gcaaaatgcc	gcaaaaaagg	gaataagggc	3360
gacacggaaa	tgttgaaatac	tcataactctt	cctttttcaa	tattattgaa	gcatttatca	3420
gggttattgt	ctcatgagcg	gatacatatt	tgaatgtatt	tagaaaaata	aacaaatagg	3480
ggttcgcgc	acatttcccc	gaaaagtgc	acctgacgtc	taagaaacca	ttattatcat	3540
gacattaacc	tataaaaaata	ggcgatcac	gaggcccttt	cgtctcgcgc	gtttcgggtga	3600
tgacgggtgaa	aacctctgac	acatgcagct	ccgggagacg	gtcacagctt	gtctgtaagc	3660
ggatgccggg	agcagacaag	cccgtcaggg	cgcgctcagcg	ggtgttgggc	ggtgtcgggg	3720
ctggcttaac	tatgcggcat	cagagcagat	tgtactgaga	gtgcaccata	tgcggtgtga	3780
aataccgcac	agatgcgtaa	ggagaaaaata	ccgcatcagg	cgccattcgc	cattcaggct	3840
gcgcaactgt	tgggaagggc	gatcgggtgcg	ggcctcttcg	ctattacgcc	agctggcgaa	3900

95

```

aggggggatgt gctgcaaggc gattaagttg ggtaacgcc gggttttccc agtcacgacg 3960
ttgtaaaacg acggccagtg aattcggcgc gccgagctcc tcgagcaaat ttacacattg 4020
ccactaaacg tctaaaccct tgtaatttgt ttttgtttta ctatgtgtgt tatgtatttg 4080
at ttgcgata aat ttttata tttggacta aatttataac accttttatg ctaacgtttg 4140
ccaacactta gcaatttgca agttgattaa ttgattctaa attatttttg tcttctaaat 4200
acataacta atcaactgga aatgtaaata tttgctaata tttctactat aggagaatta 4260
aagtgagtga atatggtacc acaaggtttg gagatttaat tgttgcaatg ctgcatggat 4320
ggcatataca ccaaaccattc aataattctt gaggataata atggtaccac acaagatttg 4380
aggtgcatga acgtcacgtg gacaaaagg ttagtaattt ttcaagacaa caatgttacc 4440
acacacaagt tttgaggtgc atgcatggat gccctgtgga aagtttaaaa atattttgga 4500
aatgatttgc atggaagcca tgtgtaaaac catgacatcc acttgaggga tgcaataatg 4560
aagaaaacta caaattttaca tgcaactagt tatgcatgta gtctatataa tgaggatttt 4620
gcaatacttt cattcataca cactcactaa gttttacacg attataattt cttcatagcc 4680
agcccaccgc ggtgggcggc cgcctgcagt ctagaaggcc tcttgcctta atgagatatg 4740
cgagacgcct atgatcgcat gatatttgc tccaattctg ttgtgcacgt tgtaaaaaac 4800
ctgagcatgt gtagctcaga tccttaccgc cggtttcggg tcattctaata gaataatatca 4860
cccgttacta tcgtattttt atgaataata ttctccgttc aatttactga ttgtccgtcg 4920
agcaaattta cacattgcca ctaaacgtct aaacccttgc aatttgtttt tgttttacta 4980
tgtgtgttat gtatttgatt tgcgataaat ttttatattt ggtactaaat ttataacacc 5040
ttttatgcta acgtttgcca acacttagca atttgcaagt tgattaattg attctaaatt 5100
at ttttgtct tctaaataca tatactaate aactggaaat gtaaataattt gctaataattt 5160
ctactatagg agaattaaag tgagtgaata tgggtaccaca aggtttggag atttaattgt 5220
tgcaatgctg catggatggc atatacacca aacattcaat aattcttgag gataataatg 5280
gtaccacaca agatttgagg tgcattgaacg tcacgtggac aaaagggtta gtaatttttc 5340
aagacaacaa tgttaccaca cacaagtttt gaggtgcatg catggatgcc ctgtggaaag 5400
tttaaaaata 5410

```

<210> 64

<211> 12093

<212> DNA

<213> artificial sequence

<400> 64

```

gatctggcgc cggccagcga gacgagcaag attggccgcc gcccgaaacg atccgacagc 60
gcgcccagca caggtgcgca ggcaaattgc accaacgcac acagcgccag cagaatgccca 120
tagtgggcgg tgacgtcgtt cgagtgaacc agatcgcgca ggaggcccg cagcaccggc 180
ataatcaggc cgatgccgac agcgtcgagc gcgacagtgc tcagaattac gatcaggggt 240
atgttgggtt tcacgtctgg cctccggacc agcctccgct ggtccgattg aacgcgcgga 300
ttctttatca ctgataagtt ggtggacata ttatgtttat cagtgataaa gtgtcaagca 360
tgacaaagtt gcagccgaat acagtgatcc gtgccgccct ggacctgttg aacgaggtcg 420
gcgtagacgg tctgacgaca cgcaaactgg cggaacgggt ggggggttcag cagccggcgc 480
tttactggca cttcaggaac aagcggggcg tgctcgacgc actggccgaa gccatgctgg 540
cggagaatca tacgcattcg gtgccgagag ccgacgacga ctggcgctca tttctgatcg 600
ggaatgcccg cagcttcagg caggcgctgc tcgcctaccg cgatggcgcg cgcattccatg 660
ccggcacgcg accggggcga ccgcagatgg aaacggccga cgcgcagctt cgcttcctct 720
cggaggcggg tttttcggcc ggggacgccc tcaatgcgct gatgacaatc agctacttca 780

```

ctgttggggc	cgtgcttgag	gagcaggccg	gcgacagcga	tgccggcgag	cgcggcggca	840
ccgttgaaca	ggctccgctc	tcgccgctgt	tcggggccgc	gatagacgcc	ttcgacgaag	900
ccggtccgga	cgcagcgttc	gagcaggggac	tcgcggtgat	tgtcgatgga	ttggcgaaaa	960
ggaggctcgt	tgtcaggaac	gttgaaggac	cgagaaaggg	tgacgattga	tcaggaccgc	1020
tgccggagcg	caaccactc	actacagcag	agccatgtag	acaacatccc	ctcccccttt	1080
ccaccgcgtc	agacgcccgt	agcagcccgc	tacgggcttt	ttcatgccct	gccctagcgt	1140
ccaagcctca	cgccgcgcgt	cggcctctct	ggcggccttc	tgccgctctt	ccgcttcctc	1200
gctcactgac	tcgctgcgct	cggctcgttcg	gctgcggcga	gcggtatcag	ctcactcaaa	1260
ggcggttaata	cggttatcca	cagaatcagg	ggataacgca	ggaaagaaca	tgtgagcaaa	1320
aggccagcaa	aaggccagga	accgtaaaaa	ggccgcggtg	ctggcgtttt	tccataggct	1380
ccgccccct	gacgagcatc	acaaaaatcg	acgctcaagt	cagagggtgc	gaaacccgac	1440
aggactataa	agataccagg	cgtttccccc	tggaagctcc	ctcgtgcgct	ctcctgttcc	1500
gaccctgccg	cttaccggat	acctgtccgc	ctttctccct	tcgggaagcg	tgccgctttt	1560
ccgctgcata	acctgtcttc	ggggtcatta	tagcgatttt	ttcggtatat	ccatcctttt	1620
tcgcacgata	tacaggattt	tgccaaaggg	ttcgtgtaga	ctttccttgg	tgtatccaac	1680
ggcgtcagcc	gggcaggata	ggtgaagtag	gcccaccgcg	gagcgggtgt	tccttcttca	1740
ctgtccctta	ttcgacactg	gcggtgctca	acgggaatcc	tgctctgcga	ggctggccgg	1800
ctaccgccgg	cgtaacagat	gagggcaagc	ggatggctga	tgaaaccaag	ccaaccagga	1860
agggcagccc	acctatcaag	gtgtactgcc	ttccagacga	acgaagagcg	attgaggaaa	1920
agggcgccgg	ggccggcatg	agcctgtcgg	cctacctgct	ggccgtccgg	cagggctaca	1980
aaatcacggg	cgtcgtggac	tatgagcacg	tccgcgagct	ggcccgcatc	aatggcgacc	2040
tgggcccgcct	gggcccgcctg	ctgaaactct	ggctcaccga	cgaccgcgcg	acggcgcggt	2100
tcggtgatgc	cacgatcctc	gccctgctgg	cgaagatcga	agagaagcag	gacgagcttg	2160
gcaaggatcat	gatgggcgtg	gtccgcccga	gggcagagcc	atgacttttt	tagccgctaa	2220
aacggccggg	gggtgcgcgt	gattgccaa	cacgtcccca	tgcgctccat	caagaagagc	2280
gacttcgcgg	agctggtgaa	gtacatcacc	gacgagcaag	gcaagaccga	gcgcctttgc	2340
gacgctcacc	gggctggttg	ccctcgccgc	tgggctggcg	gccgtctatg	gccctgcaaa	2400
cgccgccagaa	acgcgcgcga	agccgtgtgc	gagacaccgc	ggccgcgggc	gttggtggata	2460
cctcgccgaa	aacttgcccc	tactgacag	atgaggggcg	gacgttgaca	cttgaggggc	2520
cgactcacc	ggcgcgcgct	tgacagatga	ggggcaggct	cgatttcggc	cggcgacgtg	2580
gagctggcca	gcctcgcaaa	tcggcgaaaa	cgctgatatt	tacgcgagtt	tcccacagat	2640
gatgtggaca	agcctgggga	taagtgcctt	gcggtattga	cacttgaggg	gcgcgactac	2700
tgacagatga	ggggcgcgat	ccttgacact	tgaggggcag	agtgctgaca	gatgaggggc	2760
gcacctattg	acatttgagg	ggctgtccac	aggcagaaaa	tccagcattt	gcaagggttt	2820
ccgcccgttt	ttcgccacc	gtaacctgt	cttttaacct	gcttttaaac	caatatttat	2880
aaaccttggt	tttaaccagg	gctgcgccct	gtgcgcgtga	ccgcgcacgc	cgaagggggg	2940
tgccccccct	tctcgaaccc	tcccggcccc	ctaaccgcgg	cctcccatcc	ccccaggggc	3000
tgcgcccctc	ggccgcgaac	ggcctcacc	caaaaatggc	agcgctggca	gtccttgcca	3060
ttgcccggat	cggggcagta	acgggatggg	cgatcagccc	gagcgcgacg	cccgggaagca	3120
ttgacgtgcc	gcagggtgctg	gcatcgacat	tcagcgacca	ggtgccgggc	agtgagggcg	3180
gcggccctggg	tggcgccctg	cccttcactt	cggccgtcgg	ggcattcacg	gacttcatgg	3240
cggggccggc	aatttttacc	ttgggcatte	ttggcatagt	ggtcgcggtt	gccgtgctcg	3300
tgttcggggg	tgcgataaac	ccagcgaacc	atttgaggtg	ataggtaaga	ttataccgag	3360
gtatgaaaac	gagaattgga	cctttacaga	attactctat	gaagcgccat	atttaaaaag	3420
ctaccaagac	gaagaggatg	aagaggatga	ggaggcagat	tgcccttgat	atattgacaa	3480
tactgataag	ataatatatc	ttttatatag	aagatatcgc	cgtatgtaag	gatttcaggg	3540
ggcaaggcat	aggcagcgcg	cttatcaata	tatctataga	atgggcaaa	cataaaaact	3600
tgcatggact	aatgcttgaa	accaggaca	ataaccttat	agcttgtaaa	ttctatcata	3660

attgggtaat	gactccaact	tattgatagt	gttttatgtt	cagataatgc	ccgatgactt	3720
tgtcatgcag	ctccaccgat	tttgagaacg	acagcgactt	ccgtcccagc	cgtgccaggt	3780
gctgcctcag	attcaggtta	tgccgctcaa	ttcgctgcgt	atatcgcttg	ctgattacgt	3840
gcagctttcc	cttcaggcgg	gattcataca	gcggccagcc	atccgtcatc	catatcacca	3900
cgtcaaaggg	tgacagcagg	ctcataagac	gccccagcgt	cgccatagt	cgttcaccga	3960
atacgtgcgc	aacaaccgtc	ttccggagac	tgtcatacgc	gtaaaacagc	cagcgctggc	4020
gcgatttagc	cccacatag	ccccactgtt	cgccatttcc	cgcgagacg	atgacgtcac	4080
tgcccggctg	tatgcgcgag	gttaccgact	gcggcctgag	ttttttaagt	gacgtaaaat	4140
cgtgttgagg	ccaacgcccc	taatgcgggc	tggtgcccgg	catccaacgc	cattcatggc	4200
catatcaatg	attttctggt	gcgtaccggg	ttgagaagcg	gtgtaagtga	actgcagttg	4260
ccatgtttta	cggcagtgag	agcagagata	gcgtgatgt	ccggcggtgc	ttttgccgtt	4320
acgcaccacc	ccgtcagtag	ctgaacagga	gggacagctg	atagacacag	aagccactgg	4380
agcacctcaa	aaacaccatc	atacactaaa	tcagtaagtt	ggcagcatca	cccataattg	4440
tggtttcaaa	atcggtcccg	tcgatactat	gttatacgcc	aactttgaaa	acaactttga	4500
aaaagctggt	ttctggtatt	taaggtttta	gaatgcaagg	aacagtgaat	tggagtctgt	4560
cttgttataa	ttagcttctt	ggggatatctt	taaatactgt	agaaaagagg	aaggaaataa	4620
taaatggcta	aaatgagaat	atcaccggaa	tgaaaaaac	tgatcgaaaa	ataccgctgc	4680
gtaaaagata	cggaaggaat	gtctcctgct	aaggatatata	agctggtggg	agaaaatgaa	4740
aacctatatt	taaaaatgac	ggacagccgg	tataaaggga	ccacctatga	tgtggaacgg	4800
gaaaaggaca	tgatgctatg	gctggaagga	aagctgcctg	ttccaaagg	cctgcacttt	4860
gaacggcatg	atggctggag	caatctgctc	atgagtggag	ccgatggcgt	cctttgctcg	4920
gaagagtatg	aagatgaaca	aagccctgaa	aagattatcg	agctgtatgc	ggagtgcac	4980
aggctctttc	actccatcga	catatcggat	tgtccctata	cgaatagctt	agacagccgc	5040
ttagccgaat	tggattactt	actgaataac	gatctggccg	atgtggattg	cgaaaactgg	5100
gaagaagaca	ctccatttaa	agatccgcgc	gagctgtatg	attttttaaa	gacggaaaag	5160
cccgaagagg	aacttgtctt	ttcccacggc	gacctgggag	acagcaacat	ctttgtgaaa	5220
gatggcaaag	taagtggctt	tattgatctt	gggagaagcg	gcagggcgga	caagtgggat	5280
gacattgcct	tctgcgtccg	gtcgatcagg	gaggatatcg	gggaagaaca	gtatgtcgag	5340
ctattttttg	acttactggg	gatcaagcct	gattgggaga	aaataaaata	ttatatttta	5400
ctggatgaat	tgtttttagta	cctagatgtg	gcgcaacgat	gccggcgaca	agcaggagcg	5460
caccgacttc	ttccgcatca	agtgttttgg	ctctcaggcc	gaggccacg	gcaagtattt	5520
gggcaagggg	tcgctggtat	tcgtgcaggg	caagattcgg	aataccaagt	acgagaagga	5580
cggccagacg	gtctacggga	ccgacttcat	tgccgataag	gtggattatc	tggaaccaa	5640
ggcaccaggc	gggtcaaata	aggaataagg	gcacattgcc	ccggcgtag	tcggggcaat	5700
cccgaagga	gggtgaatga	atcggaagctt	tgaccggaag	gcatacaggc	aagaactgat	5760
cgacgcgggg	ttttccgccc	aggatgccga	aaccatcgca	agccgcaccg	tcatgcgtgc	5820
gccccgcgaa	accttccagt	ccgtcggctc	gatggtccag	caagctacgg	ccaagatcga	5880
gcgcgacagc	gtgcaactgg	ctccccctgc	cctgcccgcg	ccatcgcccg	ccgtggagcg	5940
ttcgcgctgt	ctcgaacagg	aggcggcagg	tttggcgaag	tcgatgacca	tcgacacgcg	6000
aggaactatg	acgaccaaga	agcgaaaaac	cgccggcgag	gacctggcaa	aacagggtcag	6060
cgaggccaag	caggccgcgt	tgctgaaaca	cacgaagcag	cagatcaagg	aatgcagct	6120
ttccttgctc	gatattgcgc	cgtggccgga	cacgatgcga	gcgatgccaa	acgacacggc	6180
ccgctctgcc	ctgttcacca	cgcgcaacaa	gaaaaatccc	cgcgaggcgc	tgcaaaacaa	6240
ggtcattttc	cacgtcaaca	aggacgtgaa	gatcacctac	accggcgctc	agctgcgggc	6300
cgacgatgac	gaactggtgt	ggcagcaggt	gttgaggtac	gcgaagcgca	cccctatcgg	6360
cgagccgatc	accttcacgt	tctacgagct	ttgccaggac	ctgggctggt	cgatcaatgg	6420
ccggtattac	acgaaggccg	aggaatgcct	gtcgcgccta	caggcgacgg	cgatgggctt	6480
cacgtccgac	cgcgttgggc	acctggaatc	ggtgtcgctg	ctgcaccgct	tccgcgtcct	6540

ggaccgtggc	aagaaaacgt	cccgttgcca	ggtcctgac	gacgaggaaa	tcgtcgtgct	6600
gtttgctggc	gaccactaca	cgaaattcat	atgggagaag	taccgcaagc	tgtcgccgac	6660
ggcccgacgg	atgttcgact	atttcagctc	gcaccgggag	ccgtacccgc	tcaagctgga	6720
aaccttccgc	ctcatgtgcg	gacggaattc	cacccgcgtg	aagaagtggc	gcgagcaggt	6780
cggcgaagcc	tgcgaagagt	tgcgaggcag	cggcctgggtg	gaacacgcct	gggtcaatga	6840
tgacctgggtg	cattgcaaac	gctagggcct	tgtgggggtca	gttccggctg	ggggttcagc	6900
agccagcgct	ttactggcat	ttcaggaaca	agcgggcact	gctcgacgca	cttgcttcgc	6960
tcagtatcgc	tcgggacgca	cggcgcgctc	tacgaactgc	cgataaacag	aggattaaaa	7020
ttgacaattg	tgattaaggg	tcagattcga	cggcttgagg	cggccgacgt	gcaggatttc	7080
cgcgagatcc	gattgtcggc	cctgaagaaa	gctccagaga	tggtcgggtc	cgtttacgag	7140
cacgaggaga	aaaagcccat	ggaggcgttc	gctgaacggg	tgcgagatgc	cgtggcattc	7200
ggcgcctaca	tcgacggcga	gatcattggg	ctgtcgggtc	tcaaacagga	ggacggcccc	7260
aaggacgctc	acaaggcgca	tctgtccggc	gttttcgtgg	agcccgaaac	gcgaggccga	7320
ggggtcgccc	gtatgctgct	gcgggcgttg	ccggcggggt	tattgctcgt	gatgatcgtc	7380
cgacagattc	caacgggaat	ctggtggatg	cgcattctca	tcctcggcgc	acttaattatt	7440
tcgctattct	ggagcttggt	gtttatttcg	gtctaccgcc	tgccgggcgg	ggtcgcgggc	7500
acggtagggc	ctgtgcagcc	gctgatgggt	gtgttcattc	ctgccgctct	gctaggtagc	7560
ccgatacgat	tgatggcggt	cctggggggt	atttgcggaa	ctgcgggcgt	ggcgtctgtg	7620
gtgttgacac	caaacgcagc	gctagatcct	gtcggcgctc	cagcgggcct	ggcgggggcg	7680
gtttccatgg	cgttcggaac	cgtgctgacc	cgcaagtggc	aacctcccgt	gcctctgctc	7740
acctttaccg	cctggcaact	ggcgcccgga	ggacttctgc	tcgttccagt	agcttttagtg	7800
tttgatccgc	caatcccgat	gcctacagga	accaatgttc	tcggcctggc	gtggctcggc	7860
ctgatcggag	cgggttttaac	ctacttcctt	tggttccggg	ggatctcgcg	actcgaacct	7920
acagttgttt	ccttactggg	ctttctcagc	cccagatctg	gggtcgatca	gccggggatg	7980
catcaggccg	acagtcggaa	cttcgggtcc	ccgacctgta	ccattcgggtg	agcaatggat	8040
aggggagttg	atatcgtcaa	cgttcaactc	taaagaaata	gcgccactca	gcttctcag	8100
cggctttatc	cagcgatttc	ctattatgtc	ggcatagtcc	tcaagatcga	cagcctgtca	8160
cggttaagcg	agaaatgaat	aagaaggctg	ataattcggg	tctctgcgag	ggagatgata	8220
tttgatcaca	ggcagcaacg	ctctgtcatc	gttacaatca	acatgctacc	ctccgcgaga	8280
tcacccgtgt	ttcaaaccgg	gcagcttagt	tgccgttctt	ccgaatagca	tcggtaacat	8340
gagcaaagtc	tgccgcctta	caacggctct	cccgtgacg	ccgtcccggg	ctgatgggct	8400
gcctgtatcg	agtgtgatt	ttgtgccgag	ctgccgggtc	gggagctgtt	ggctggctgg	8460
tggcaggata	tattgtggtg	taaacaaatt	gacgcttaga	caacttaata	acacattgcy	8520
gacgttttta	atgtactggg	gtggtttttc	ttttcaccag	tgagacgggc	aacagctgat	8580
tgcccttcac	cgcttgcccc	tgagagagtt	gcagcaagcg	gtccacgctg	gtttgccccca	8640
gcaggcgaaa	atcctgtttg	atgggtggttc	cgaaatcggc	aaaatccctt	ataaatcaaa	8700
agaatagccc	gagatagggt	tgagtgttgt	tccagtttgg	aacaagagtc	cactattaaa	8760
gaacgtggac	tccaacgtca	aagggcgaaa	aaccgtctat	cagggcgatg	gccactacg	8820
tgaaccatca	cccaaatcaa	gttttttggg	gtcgaggtgc	cgtaaagcac	taaatcggaa	8880
ccctaaaggg	agccccgat	ttagagcttg	acggggaaag	ccggcgaaac	tggcgagaaa	8940
ggaaggggaag	aaagcgaaag	gagcgggcgc	cattcaggct	gcgcaactgt	tgggaagggc	9000
gacgggtgcy	ggcctcttcg	ctattacgcc	agctggcgaa	agggggatgt	gctgcaaggg	9060
gattaagttg	ggtaacgcca	gggttttccc	agtcacgacg	ttgtaaaacg	acggccagtg	9120
aattaattcc	catcttgaaa	gaaatatagt	ttaaatatatt	attgataaaa	taacaagtca	9180
ggtattatag	tccaagcaaa	aacataaatt	tattgatgca	agtttaaatt	cagaaatatt	9240
tcaataactg	attatatcag	ctggtacatt	gocgtagatg	aaagactgag	tgcgatatta	9300
tgtgtaatac	ataaattgat	gatatagcta	gcttagctca	tcgggggatc	cgtcgaagct	9360
agcttgggtc	ccgctcagaa	gaactcgtca	agaaggcgat	agaaggcgat	gcgctgcgaa	9420

99

tcgggagcgg	cgataccgta	aagcacgagg	aagcggtcag	ccatttcgcc	gccaagctct	9480
tcagcaatat	cacgggtagc	caacgctatg	tcctgatagc	ggcccgccac	accagccgg	9540
ccacagtcga	tgaatccaga	aaagcggcca	ttttccacca	tgatattcgg	caagcaggca	9600
tcgccatggg	tcacgacgag	atcctcgccg	tcgggcatgc	gcgccttgag	cctggcgaac	9660
agttcggctg	gcgcgagccc	ctgatgctct	tcgtccagat	catcctgac	gacaagaccg	9720
gcttccatcc	gagtacgtgc	tcgctcgatg	cgatgtttcg	cttgggtggc	gaatgggagc	9780
gtagccggat	caagcgtatg	cagccgcgc	attgcatcag	ccatgatgga	tactttctcg	9840
gcaggagcaa	ggtgagatga	caggagatcc	tgccccggca	cttcgcccac	tagcagccag	9900
tcctttcccg	cttcagtgac	aacgtcgagc	acagctgcgc	aaggaacgcc	cgtcgtggcc	9960
agccacgata	gccgcgctgc	ctcgtcctgc	agttcattca	gggcaccgga	caggtcggtc	10020
ttgacaaaaa	gaaccggggc	cccctgcgct	gacagccgga	acacggcggc	atcagagcag	10080
ccgattgtct	gttgtgcccc	gtcatagccg	aatagcctct	ccacccaagc	ggccggagaa	10140
cctgcgtgca	atccatcttg	ttcaatccaa	gctcccatgg	gccctcgact	agagtcgaga	10200
tctggattga	gagtgaatat	gagactctaa	ttggataacc	aggggaattt	atggaacgct	10260
agtggagcat	ttttgacaag	aaatatttgc	tagctgatag	tgaccttagg	cgacttttga	10320
acgcgcaata	atggtttctg	acgtatgtgc	ttagctcatt	aaactccaga	aaccgcggc	10380
tgagtggctc	cttcaacggt	gcggttctgt	cagttccaaa	cgtaaaacgg	cttgtcccgc	10440
gtcatcgcg	ggggtcataa	cgtgactccc	ttaattctcc	gctcatgac	ttgatccct	10500
gcgccatcag	atccttggcg	gcaagaaagc	catccagttt	actttgcagg	gcttcccac	10560
cttaccagag	ggcgccccag	ctggcaattc	cggttcgctt	gctgtccata	aaaccgccc	10620
gtctagctat	cgccatgtaa	gccactgca	agctacctgc	tttctctttg	cgcttgcggt	10680
ttcccttgtc	cagatagccc	agtagctgac	attcatccgg	ggtcagcacc	gtttctgcgg	10740
actggctttc	tacgtgttcc	gcttccttta	gcagcccttg	cgccctgagt	gcttgcgga	10800
gcgtgaagct	tgcatgcctg	caggtcgacg	gcgcgcgag	ctcctcgagc	aaatttacac	10860
attgccacta	aacgtctaaa	cccttgtaat	ttgtttttgt	tttactatgt	gtgttatgta	10920
tttgatttgc	gataaatttt	tatatttggg	actaaattta	taacaccttt	tatgctaacg	10980
tttgccaaca	cttagcaatt	tgcaagttag	ttaattgatt	ctaaattatt	tttgtcttct	11040
aaatacatat	actaatcaac	tggaatgta	aatatttgct	aatatttcta	ctataggaga	11100
attaaagtga	gtgaatatgg	taccacaagg	tttgagatt	taattgttgc	aatgctgcat	11160
ggatggcata	tacaccaaac	attcaataat	tcttgaggat	aataatggta	ccacacaaga	11220
tttgaggtgc	atgaacgtca	cgtggacaaa	aggttttagta	atttttcaag	acaacaatgt	11280
taccacacac	aagttttgag	gtgcatgcat	ggatgccctg	tggaaagttt	aaaaatattt	11340
tggaaatgat	ttgcatggaa	gccatgtgta	aaaccatgac	atccacttgg	aggatgcaat	11400
aatgaagaaa	actacaaatt	tacatgcaac	tagttatgca	tgtagtctat	ataatgagga	11460
ttttgcaata	ctttcattca	tacacactca	ctaagtttta	cacgattata	atttcttcat	11520
agccagccca	ccgcggtggg	cggccgcctg	cagtctagaa	ggcctcctgc	tttaatgaga	11580
tatgcgagac	gcctatgac	gcatgatatt	tgctttcaat	tctgttgtgc	acgttgtaaa	11640
aaacctgagc	atgtgtagct	cagatcctta	ccgccggttt	cggttcattc	taatgaatat	11700
atcaccctgt	actatcgtat	ttttatgaat	aatattctcc	gttcaattta	ctgattgtcc	11760
gtcgacgaat	tcgagctcgg	cgcgcctcta	gaggatcgat	gaattcagat	cggctgagtg	11820
gtccttcaa	cgttgcggtt	ctgtcagttc	caaacgtaaa	acggcttgct	ccgcgtcatc	11880
ggcgggggtc	ataacgtgac	tcctttaatt	ctccgctcat	gatcagattg	tcgtttcccg	11940
ccttcagttt	aaactatcag	tgtttgacag	gatataattg	cgggtaaac	taagagaaaa	12000
gagcgtttat	tagaataatc	ggatatttaa	aagggcgtga	aaagggttat	ccttcgtcca	12060
tttgtatgtg	catgccaacc	acagggttcc	cca			12093

100

<211> 12085

<212> DNA

<213> artificial sequence

<220>

<221> misc_feature

<223> pflanzlicher Expressionsvektor mit einer Promotor-Terminator-Expressionskassette

<400> 65

gatctggcgc	cggccagcga	gacgagcaag	attggccgcc	gcccgaacg	atccgacagc	60
gcgcccagca	caggtgcgca	ggcaaattgc	accaacgcat	acagcgccag	cagaatgcca	120
tagtgggcgg	tgacgtcggt	cgagtgaacc	agatcgcgca	ggaggcccg	cagcaccggc	180
ataatcaggc	cgatgccgac	agcgtcgagc	gcgacagtgc	tcagaattac	gatcaggggt	240
atgttgggtt	tcacgtctgg	cctccggacc	agcctccgct	ggtccgattg	aacgcgcgga	300
ttctttatca	ctgataagtt	ggtggacata	ttatgtttat	cagtataaaa	gtgtcaagca	360
tgacaaagtt	gcagccgaat	acagtgatcc	gtgccgccct	ggacctgttg	aacgaggtcg	420
gcgtagacgg	tctgacgaca	cgcaaactgg	cggaaacggt	gggggttcag	cagccggcgc	480
tttactggca	cttcaggaac	aagcgggcgc	tgctcgacgc	actggccgaa	gccatgctgg	540
cggagaatca	tacgcattcg	gtgccgagag	ccgacgacga	ctggcgctca	tttctgatcg	600
ggaatgcccg	cagcttcagg	caggcgctgc	tcgcctaccg	cgatggcgcg	cgcattccatg	660
ccggcacgcg	accgggcgca	ccgcagatgg	aaacggccga	cgcgcagctt	cgcttcctct	720
gcgaggcggg	tttttcggcc	ggggacgcgc	tcaatgcgct	gatgacaatc	agctacttca	780
ctgttggggc	cgtgcttgag	gagcaggccg	gcgacagcga	tgccggcgag	cgcggcgcca	840
ccgttgaaca	ggctccgctc	tcgccgctgt	tcggggccgc	gatagacgcc	ttcgacgaag	900
ccggtccgga	cgcagcgctc	gagcagggac	tcgcggtgat	tgtcgatgga	ttggcgaaaa	960
ggaggctcgt	tgctaggaac	gttgaaggac	cgagaaaggg	tgacgattga	tcaggaccgc	1020
tgccggagcg	caaccactc	actacagcag	agccatgtag	acaacatccc	ctcccccttt	1080
ccaccgcgtc	agacgcccgt	agcagcccgc	tacgggcttt	ttcatgccct	gccctagcgt	1140
ccaagcctca	cggccgcgct	cggcctctct	ggcggccttc	tggcgctctt	ccgcttcctc	1200
gctcactgac	tcgctgcgct	cggctcgttc	gctgcggcga	gcggtatcag	ctcactcaaa	1260
ggcggttaata	cggttatcca	cagaatcagg	ggataacgca	ggaaagaaca	tgtgagcaaa	1320
aggccagcaa	aaggccagga	accgtaaaaa	ggccgcggtg	ctggcggttt	tccatagget	1380
ccgccccctc	gacgagcatc	acaaaaatcg	acgctcaagt	cagaggtggc	gaaaccggac	1440
aggactataa	agataccagg	cgtttccccc	tggaagctcc	ctcgtgcgct	ctcctgttcc	1500
gacctgccc	cttaccggat	acctgtccgc	ctttctccct	tcgggaagcg	tggcgctttt	1560
ccgctgcata	acctgcttc	ggggtcatta	tagcgatttt	ttcggtatat	ccatcctttt	1620
tcgcacgata	tacaggattt	tgccaaaggg	ttcgtgtaga	ctttccttgg	tgtatccaac	1680
ggcgtcagcc	gggcaggata	ggtgaagtag	gccaccgcc	gagcgggtgt	tccttcttca	1740
ctgtccctta	ttcgcacctg	gcggtgctca	acgggaatcc	tgctctgcga	ggctggccgg	1800
ctaccgccgg	cgtaacagat	gagggcaagc	ggatggctga	tgaaccaag	ccaaccagga	1860
agggcagccc	acctatcaag	gtgtactgcc	ttccagacga	acgaagagcg	attgaggaaa	1920
agggcgccgg	ggccggcatg	agcctgtcgg	cctacctgct	ggccgtcggc	cagggtctaca	1980
aaatcacggg	cgctcgtggac	tatgagcacg	tccgcgagct	ggcccgcatc	aatggcgacc	2040
tgggcccgcct	gggcccgcctg	ctgaaactct	ggctcaccga	cgaccgcgcg	acggcgcggt	2100
tcggtgatgc	cacgacctc	gccctgctgg	cgaagatcga	agagaagcag	gacgagcttg	2160
gcaagggtcat	gatgggcgtg	gtccgcccca	gggcagagcc	atgacttttt	tagccgctaa	2220

101

aacggccggg	gggtgcgcgt	gattgccaa	cacgtcccca	tgcgctccat	caagaagagc	2280
gacttcgcgg	agctgggtgaa	gtacatcacc	gacgagcaag	gcaagaccga	gcgcctttgc	2340
gacgctcacc	gggctgggtg	ccctcgccgc	tgggctggcg	gccgtctatg	gccctgcaaa	2400
cgcgccagaa	acgccgtcga	agccgtgtgc	gagacaccgc	ggccgcccgc	gttgtggata	2460
cctcgcgga	aacttgcccc	tcactgacag	atgaggggcg	gacgttgaca	cttgaggggc	2520
cgactcacc	ggcgcgcggt	tgacagatga	ggggcaggct	cgatttcggc	cggcgacgtg	2580
gagctggcca	gcctcgcaaa	tcggcgaaaa	cgcctgattt	tacgcgagtt	ccccacagat	2640
gatgtggaca	agcctgggga	taagtgcctt	gcgggtattga	cacttgaggg	gcgcgactac	2700
tgacagatga	ggggcgcgat	ccttgacact	tgaggggag	agtgcgtgaca	gatgaggggc	2760
gcacctattg	acatttgagg	ggctgtccac	aggcagaaaa	tccagcattt	gcaaggggtt	2820
ccgcccgttt	ttcgggccacc	gctaacctgt	cttttaacct	gcttttaaac	caatatttat	2880
aaaccttgtt	tttaaccagg	gctgcgcctt	gtgcgcgtga	ccgcgcacgc	cgaagggggg	2940
tgccccccct	tctcgaaacc	tcccggcccc	ctaaccgagg	cctcccatcc	ccccaggggc	3000
tgcgccccct	ggccgcgaac	ggcctcacc	caaaaatggc	agcgctggca	gtccttgcca	3060
ttgccgggat	cggggcagta	acgggatggg	cgatcagccc	gagcgcgacg	cccggaagca	3120
ttgacgtgcc	gcaggtgctg	gcacgcacat	tcagcgacca	ggtgccgggc	agtgagggcg	3180
gcggcctggg	tgccggcctg	cccttcactt	cgcccgctcg	ggcattcacg	gacttcatgg	3240
cggggccggc	aattttttacc	ttgggcattc	ttggcatagt	ggtcgcgggg	gccgtgctcg	3300
tggtcggggg	tgcgataaac	ccagcgaacc	atgtgaggtg	ataggtaaag	ttataccgag	3360
gtatgaaaac	gagaattgga	cctttacaga	attactctat	gaagcgccat	atttaaaaag	3420
ctaccaagac	gaagaggatg	aagaggatga	ggaggcagat	tgccctgaat	atattgacaa	3480
tactgataag	ataatatatc	ttttatatag	aagatatcgc	cgatatgtaag	gatttcaggg	3540
ggcaaggcat	aggcagcgcg	cttatcaata	tatctataga	atgggcaaag	cataaaaact	3600
tgcatggact	aatgcttgaa	accaggaca	ataaccttat	agcttgtaaa	ttctatcata	3660
attgggtaat	gactccaact	tattgatagt	gttttatgtt	cagataatgc	ccgatgactt	3720
tgtcatgcag	ctccaccgat	tttgagaacg	acagcgactt	ccgtcccagc	cgtgccagggt	3780
gctgcctcag	attcagggtta	tgccgctcaa	ttcgctgcgt	atctcgcttg	ctgattacgt	3840
gcagctttcc	cttcaggcgg	gattcataca	gcggccagcc	atccgtcatc	catatcacca	3900
cgtcaaaggg	tgacagcagg	ctcataagac	gccccagcgt	cgccatagtg	cgttcaccga	3960
atacgtgcgc	aacaaccgtc	ttccggagac	tgcatcacgc	gtaaaacagc	cagcgctggc	4020
gcgatttagc	cccgcacatg	cccactgtt	cgtccatttc	cgcgcgagcg	atgacgtcac	4080
tgcccggtg	tatgcgcgag	gttaccgact	gcggcctgag	ttttttaagt	gacgtaaaat	4140
cgtgttgagg	ccaacgcccc	taatgcgggc	tggtgcccgg	catccaacgc	cattcatggc	4200
catatcaatg	attttctggt	gcgtaccggg	ttgagaagcg	gtgtaagtga	actgcagttg	4260
ccatgtttta	cggcagtgag	agcagagata	gcgctgatgt	ccggcggtgc	ttttgccgtt	4320
acgcaccacc	ccgtcagtag	ctgaacagga	gggacagctg	atagacacag	aagccactgg	4380
agcacctcaa	aaacaccatc	atacactaaa	tcagtaagtt	ggcagcatca	cccataattg	4440
tggtttcaaa	atcggtccg	tcgatactat	gttatacgcc	aactttgaaa	acaactttga	4500
aaaagctgtt	ttctggtatt	taaggtttta	gaatgcaagg	aacagtgaat	tgaggttcgt	4560
cttggtataa	ttagcttctt	ggggtatctt	taaatactgt	agaaaagagg	aaggaaataa	4620
taaatggcta	aaatgagaat	atcaccgga	ttgaaaaaac	tgatcgaaaa	ataccgctgc	4680
gtaaaagata	cgaaggaat	gtctcctgct	aaggatatata	agctgggtggg	agaaaatgaa	4740
aacctatatt	taaaaatgac	ggacagccgg	tataaaggga	ccacctatga	tgtggaacgg	4800
gaaaaggaca	tgatgctatg	gctggaagga	aagctgcctg	ttccaaagggt	cctgcacttt	4860
gaacggcatg	atggctggag	caatctgctc	atgagtgagg	ccgatggcgt	cctttgctcg	4920
gaagagtatg	aagatgaaca	aagccctgaa	aagattatcg	agctgtatgc	ggagtgcac	4980
aggtcttttc	actccatcga	catatcggtg	tgctccctata	cgaatagctt	agacagccgc	5040
ttagccgaat	tggattactt	actgaataac	gatctggccg	atgtggattg	cgaaaactgg	5100

gaagaagaca	ctccatttaa	agatccgcgc	gagctgtatg	atttttttaa	gacggaaaag	5160
cccgaagagg	aacttgtctt	ttcccacggc	gacctgggag	acagcaacat	ctttgtgaaa	5220
gatggcaaa	taagtggctt	tattgatctt	gggagaagcg	gcagggcgga	caagtgggat	5280
gacattgcct	tctgcgtccg	gtcgatcagg	gaggatatcg	gggaagaaca	gtatgtcgag	5340
ctattttttg	acttactggg	gatcaagcct	gattgggaga	aaataaaaata	ttatatttta	5400
ctggatgaat	tgttttagta	cctagatgtg	gcgcaacgat	gccggcgaca	agcaggagcg	5460
caccgacttc	ttccgcatca	agtgttttgg	ctctcaggcc	gaggcccacg	gcaagtattt	5520
gggcaagggg	tcgctgggat	tcgtgcaggg	caagattcgg	aataccaagt	acgagaagga	5580
cggccagacg	gtctacggga	cggacttcat	tgccgataag	gtggattatc	tggacaccaa	5640
ggcaccaggc	gggtcaaata	aggaataagg	gcacattgcc	ccggcggtgag	tcggggcaat	5700
cccgaagga	gggtgaatga	atcggacgtt	tgaccggaag	gcatacaggc	aagaactgat	5760
cgacgcgggg	ttttccgccc	aggatgccga	aaccatcgca	agccgcaccg	tcattgcgtgc	5820
gccccgcgaa	accttccagt	ccgtcggctc	gatgggtccag	caagctacgg	ccaagatcga	5880
gcgcgacagc	gtgcaactgg	ctccccctgc	cctgcccgcg	ccatcggccg	ccgtggagcg	5940
ttcgcgtcgt	ctcgaacagg	aggcggcagg	tttggcgaag	tcgatgacca	tcgacacgcg	6000
aggaactatg	acgaccaaga	agcgaaaaac	cgccggcgag	gacctggcaa	aacagggtcag	6060
cgaggccaag	caggccgcgt	tgctgaaaca	cacgaagcag	cagatcaagg	aatgcagct	6120
ttccttggtc	gatattgcgc	cgtggccgga	cacgatgcga	gcgatgccaa	acgacacggc	6180
ccgctctgcc	ctgttcacca	cgcgcaacaa	gaaaatcccc	cgcgaggcgc	tgcaaaacaa	6240
ggtcattttc	cacgtcaaca	aggacgtgaa	gatcacctac	accggcgctc	agctgcgggc	6300
cgacgatgac	gaactgggtg	ggcagcaggt	gttgaggtag	gcgaagcgca	cccctatcgg	6360
cgagccgatc	accttcacgt	tctacgagct	ttgccaggac	ctgggctggt	cgatcaatgg	6420
ccggtattac	acgaaggccg	aggaatgcct	gtcgcgccct	caggcgacgg	cgatgggctt	6480
cacgtccgac	cgcgttgggc	acctggaatc	ggtgtcgctg	ctgcaccgct	tccgcgtcct	6540
ggaccgtggc	aagaaaacgt	cccggttgcca	ggtcctgatc	gacgaggaaa	tcgtcgtgct	6600
gtttgctggc	gaccactaca	cgaaattcat	atgggagaag	taccgcaagc	tgctcgccgac	6660
ggcccagacg	atgttcgact	atttcagctc	gcaccgggag	ccgtacccgc	tcaagctgga	6720
aaccttccgc	ctcatgtgcg	gatcggatc	caccgcgctg	aagaagtggc	gcgagcaggt	6780
cggcgaagcc	tgcaagaggt	tgcgaggcag	cggcctgggt	gaacacgcct	gggtcaatga	6840
tgacctgggt	cattgcaaac	gctagggcct	tgtaggggtca	gttccggctg	gggggttcagc	6900
agccagcgct	ttactggcat	ttcaggaaca	agcgggcact	gctcgacgca	cttgcttcgc	6960
tcagtatcgc	tcgggacgca	cggcgcgctc	tacgaactgc	cgataaacag	aggattaaaa	7020
ttgacaattg	tgattaaggc	tcagattcga	cggcttgagg	cggccgacgt	gcaggatttc	7080
cgcgagatcc	gattgtcggc	cctgaagaaa	gtccagagga	tgttcgggtc	cgtttacgag	7140
cacgaggaga	aaaagcccat	ggaggcgctt	gctgaacggg	tgcgagatgc	cgtggcattc	7200
ggcgccctaca	tcgacggcga	gatcattggg	ctgtcgggtc	tcaaacagga	ggacggcccc	7260
aaggacgctc	acaaggcgca	tctgtccggc	gttttcgtgg	agcccgaaca	gcgaggccga	7320
ggggtcgccc	gtatgctgct	gcgggcggtg	ccggcggggt	tattgctcgt	gatgatcgct	7380
cgacagattc	caacgggaat	ctgggtggatg	cgcattctca	tcctcggcgc	acttaatat	7440
tcgctattct	ggagcttggt	gtttatttcg	gtctaccgcc	tgccggggcg	ggtcgcggcg	7500
acggtagggc	ctgtgcagcc	gctgatgggt	gtgttcattc	ctgccgctct	gctaggtagc	7560
ccgatacgat	tgatggcggt	cctggggggt	atttgcgga	ctgcgggctg	ggcgctgttg	7620
gtgttgacac	caaacgcagc	gctagatcct	gtcggcgctg	cagcgggcct	ggcgggggog	7680
gtttccatgg	cgttcggaac	cgtgctgacc	cgcaagtggc	aacctcccgt	gcctctgctc	7740
acctttaccg	cctggcaact	ggcggccgga	ggacttctgc	tcgttccagt	agcttttagtg	7800
tttgatccgc	caatcccgat	gcctacagga	accaatgttc	tcggcctggc	gtggctcggc	7860
ctgatcggag	cgggtttaac	ctacttcctt	tgggtccggg	ggatctcgcg	actcgaacct	7920
acagttgttt	ccttactggg	ctttctcagc	cccagatctg	gggtcgatca	gccggggatg	7980

103

catcaggccg	acagtcggaa	cttcgggtcc	ccgacctgta	ccattcgggtg	agcaatggat	8040
aggggagttg	atatcgtcaa	cgttcacttc	taaagaaata	gcgccactca	gcttcctcag	8100
cggctttatc	cagcgatttc	ctattatgtc	ggcatagtcc	tcaagatcga	cagcctgtca	8160
cggttaagcg	agaaatgaat	aagaaggtcg	ataattcggg	tctctgagag	ggagatgata	8220
tttgatcaca	ggcagcaacg	ctctgtcatc	gttacaatca	acatgctacc	ctccgcgaga	8280
tcatccgtgt	ttcaaaccgg	gcagcttagt	tgccgttctt	ccgaatagca	tccgtaacat	8340
gagcaaagtc	tgccgcctta	caacggctct	cccgtcgacg	ccgtcccggg	ctgatgggct	8400
gcctgtatcg	agtggtgatt	ttgtgcccag	ctgccggctg	gggagctggt	ggctggctgg	8460
tggcaggata	tattgtgggtg	taaacaaatt	gacgcttaga	caacttaata	acacattgcg	8520
gacgttttta	atgtactggg	gtgggtttttc	ttttcaccag	tgagacgggc	aacagctgat	8580
tgcccttcac	cgcctggccc	tgagagagtt	gcagcaagcg	gtccacgctg	gtttgccccca	8640
gcaggcgaaa	atcctgtttg	atggtgggtc	cgaaatcggc	aaaatccctt	ataaatcaaa	8700
agaatagccc	gagatagggg	tgagtgttgt	tccagtttgg	aacaagagtc	cactattaaa	8760
gaacgtggac	tccaacgtca	aagggcgaaa	aaccgtctat	cagggcgatg	gcccactacg	8820
tgaaccatca	cccaaataca	gttttttggg	gtcgaggtgc	cgtaaagcac	taaatcggaa	8880
ccctaaaggg	agcccccgat	ttagagcttg	acgggggaaag	ccggcgaaacg	tggcgagaaa	8940
ggaaggggag	aaagcgaaaag	gagcggggcg	cattcaggct	gcgcaactgt	tgggaagggc	9000
gatcgggtcg	ggcctcttcg	ctattacgcc	agctggcgaa	agggggatgt	gctgcaaggc	9060
gattaagttg	ggtaacgcca	gggttttccc	agtcacgacg	ttgtaaaacg	acggccagtg	9120
aattaattcc	catcttgaaa	gaaatatagt	ttaaataatt	attgataaaa	taacaagtca	9180
ggtattatag	tccaagcaaa	aacataaatt	tattgatgca	agtttaaatt	cagaaatatt	9240
tcaataactg	attatatcag	ctggtacatt	gccgtagatg	aaagactgag	tgcgatatta	9300
tgtgtaatac	ataaattgat	gatatagcta	gcttagctca	tcggggggatc	cgtcgagct	9360
agcttgggtc	ccgctcagaa	gaactcgtca	agaaggcgat	agaaggcgat	gcgctgcgaa	9420
tcgggagcgg	cgataccgta	aagcacgagg	aagcggtcag	cccattcgcc	gccaaagctc	9480
tcagcaatat	cacgggtagc	caacgctatg	tcctgatagc	ggtcggccac	acccagccgg	9540
ccacagtcga	tgaatccaga	aaagcggcca	ttttccacca	tgatattcgg	caagcaggca	9600
tcgccatggg	tcacgacgag	atcctcgccc	tcgggcatgc	gcgccttgag	cctggcgaa	9660
agttcggctg	gcgcgagccc	ctgatgctct	tcgtccagat	catcctgatc	gacaagaccg	9720
gcttccatcc	gagtacgtgc	tcgctcgatg	cgatgtttcg	cttgggtggtc	gaatgggcag	9780
gtagccggat	caagcgtatg	cagccgccc	attgcatcag	ccatgatgga	tactttctcg	9840
gcaggagcaa	ggtgagatga	caggagatcc	tgccccggca	cttcgcccc	tagcagccag	9900
tccttcccg	cttcagtgc	aacgtcgagc	acagctgccc	aaggaacgcc	cgctcgggcc	9960
agccacgata	gccgcgctgc	ctcgctctgc	agttcattca	gggcaccgga	caggctcggtc	10020
ttgacaaaa	gaaccggggc	cccctgcgct	gacagccgga	acacggcggc	atcagagcag	10080
ccgattgtct	gttgtgcccc	gtcatagccg	aatagcctct	ccacccaagc	ggccggagaa	10140
cctgcgtgca	atccatcttg	ttcaatccaa	gctcccatgg	gccctcgact	agagtcgaga	10200
tctggattga	gagtgaatat	gagactctaa	ttggataccg	aggggaattt	atggaacgtc	10260
agtggagcat	ttttgacaag	aaatatttgc	tagctgatag	tgaccttagg	cgacttttga	10320
acgcgcaata	atggtttctg	acgtatgtgc	ttagctcatt	aaactccaga	aaccgcgggc	10380
tgagtggctc	cttcaacggt	gcggttctgt	cagttccaaa	cgtaaaacgg	cttgtcccgc	10440
gtcatcggcg	ggggtcataa	cgtgactccc	ttaattctcc	gctcatgatc	ttgatccctt	10500
gcgccatcag	atccttggcg	gcaagaaagc	catccagttt	actttgcagg	gcttcccaac	10560
cttaccagag	ggcgccccag	ctggcaattc	cggttcgctt	gctgtccata	aaaccgcccc	10620
gtctagctat	cgccatgtaa	gcccactgca	agctacctgc	tttctctttg	cgttgcggtt	10680
ttcccttgtc	cagatagccc	agtagctgac	attcatccgg	ggtcagcacc	gtttctgcgg	10740
actggctttc	tacgtgttcc	gcttccttta	gcagcccttg	cgccttgagt	gcttgcgcca	10800
gcgtgaagct	tgcatgcctg	caggctcgacg	gcgcgcccag	ctcctcgagc	aaatttacac	10860

104

```

attgccacta aacgtctaaa cccttgtaat ttgtttttgt tttactatgt gtgttatgta 10920
tttgatttgc gataaatttt tatatttggg actaaattta taacaccttt tatgctaacg 10980
tttgccaaca cttagcaatt tgcaagttga ttaattgatt ctaaattatt tttgtcttct 11040
aaatacatat actaatcaac tggaaatgta aatatttgct aatatttcta ctataggaga 11100
attaaagtga gtgaatatgg taccacaagg tttggagatt taattgttgc aatgctgcat 11160
ggatggcata tacaccaaac attcaataat tcttgaggat aataatggta ccacacaaga 11220
tttgaggtgc atgaacgtca cgtggacaaa aggttttagta atttttcaag acaacaatgt 11280
taccacacac aagttttgag gtgcatgcat ggatgccctg tggaaagttt aaaaatattt 11340
tggaaatgat ttgcatggaa gccatgtgta aaaccatgac atccacttgg aggatgcaat 11400
aatgaagaaa actacaaatt tacatgcaac tagttatgca tgtagtctat ataagagga 11460
ttttgcaata ctttcattca tacacactca ctaagtttta cacgattata atttcttcat 11520
agccagcgga tccgatatcg gccccgctag cgttaaccct gctttaatga gatatgagag 11580
acgcctatga tcgcatgata tttgctttca attctgttgt gcacgttgta aaaaacctga 11640
gcatgtgtag ctcagatcct taccgccggt ttcggttcat tctaataaat atatcacccg 11700
ttactatcgt atttttatga ataataattct cgttcaatt tactgattgt cgtcgacga 11760
attcgagctc ggcgcgcctc tagaggatcg atgaattcag atcggtgag tggctccttc 11820
aacgttgccg ttctgtcagt tccaaacgta aaacggcttg tcccgctca tcggcggggg 11880
tcataacgtg actcccttaa ttctccgctc atgatcagat tgcgtttcc cgccttcagt 11940
ttaaactatc agtgtttgac aggatatatt ggcgggtaaa cctaagagaa aagagcgttt 12000
attagaataa tcggatattt aaaagggcgt gaaaaggttt atccttcgtc catttgtatg 12060
tgcatgccaa ccacagggtt cccca
12085

```

<210> 66

<211> 12079

<212> DNA

<213> artificial sequence

<400> 66

```

gatctggcgc cggccagcga gacgagcaag attggccgcc gcccgaaacg atccgacagc 60
gcgcccagca caggtgcgca ggcaaattgc accaacgcat acagcgccag cagaatgcca 120
tagtgggcgg tgacgtcgtt cgagtgaacc agatcgcgca ggaggcccg cagcaccggc 180
ataatcaggc cgatgccgac agcgtcgagc gcgacagtgc tcagaattac gatcaggggt 240
atgttgggtt tcacgtctgg cctccggacc agcctccgct ggtccgattg aacgcgcgga 300
ttctttatca ctgataagtt ggtggacata ttatgtttat cagtataaaa gtgtcaagca 360
tgacaaaagt gcagccgaat acagtatcc gtgccgccct ggacctgttg aacgaggtcg 420
gcgtagacgg tctgacgaca cgcaaactgg cggaacgggt gggggttcag cagccggcgc 480
tttactggca cttcaggaac aagcgggcgc tgctcgacgc actggccgaa gccatgctgg 540
cggagaatca tacgcattcg gtgccgagag ccgacgacga ctggcgctca tttctgatcg 600
ggaatgcccg cagcttcagg caggcgctgc tcgcctaccg cgatggcgcg cgcattccatg 660
ccggcacgcg accgggcgca ccgcagatgg aaacggccga cgcgcagctt cgcttcctct 720
gcgaggcggg tttttcggcc ggggacgccg tcaatgcgct gatgacaatc agctacttca 780
ctgttggggc cgtgcttgag gagcaggccg gcgacagcga tgccggcgag cgcggcggca 840
ccgttgaaac ggctccgctc tcgccgctgt tgcgggccgc gatagacgcc ttcgacgaag 900
ccggtccgga cgcagcgttc gagcagggac tcgcggtgat tgcgatgga ttggcgaaaa 960
ggaggctcgt tgtcaggaac gttgaaggac cgagaaaggg tgacgattga tcaggaccgc 1020
tgccggagcg caaccactc actacagcag agccatgtag acaacatccc ctcccccttt 1080

```


105

ccaccgcgctc	agacgcccgt	agcagcccgc	tacgggcttt	ttcatgccct	gccctagcgt	1140
ccaagcctca	cggccgcgct	cggcctctct	ggcggccttc	tggcgctctt	ccgcttcctc	1200
gctcactgac	tcgctgcgct	cggctcgttcg	gctgcggcga	gcggtatcag	ctcactcaaa	1260
ggcggttaata	cggttatcca	cagaatcagg	ggataacgca	ggaaagaaca	tgtgagcaaa	1320
aggccagcaa	aaggccagga	accgtaaaaa	ggccgcgttg	ctggcgcttt	tccataggct	1380
ccgccccct	gacgagcatc	acaaaaatcg	acgctcaagt	cagaggtggc	gaaacccgac	1440
aggactataa	agataccagg	cgtttccccc	tggaagctcc	ctcgtgcgct	ctcctgttcc	1500
gaccctgccg	cttaccggat	acctgtccgc	ctttctccct	tcgggaagcg	tggcgctttt	1560
ccgctgcata	accctgcttc	ggggtcatta	tagcgatttt	ttcggtatat	ccatcctttt	1620
tcgcacgata	tacaggattt	tgccaaaggg	ttcgtgtaga	ctttccttgg	tgtatccaac	1680
ggcgctcagcc	gggcaggata	ggtgaagtag	gccacccgc	gagcgggtgt	tccttcttca	1740
ctgtccctta	ttcgcacctg	gcggtgctca	acgggaatcc	tgctctgcga	ggctggccgg	1800
ctaccgccgg	cgtaacagat	gagggcaagc	ggatggctga	tgaaccaag	ccaaccagga	1860
agggcagccc	acctatcaag	gtgtactgcc	ttccagacga	acgaagagcg	attgaggaaa	1920
agggcgccgc	ggccggcatg	agcctgtcgg	cctacctgct	ggccgtcggc	cagggctaca	1980
aaatcacggg	cgtcgtggac	tatgagcacg	tcgcgagct	ggccgcctc	aatggcgacc	2040
tggggcgctc	gggcggcctg	ctgaaactct	ggctcaccga	cgaccgcgc	acggcgcggt	2100
tcggtgatgc	cacgatcctc	gccctgctgg	cgaagatcga	agagaagcag	gacgagcttg	2160
gcaaggtcat	gatgggcgtg	gtccgcccga	gggcagagcc	atgacttttt	tagccgctaa	2220
aacggccggg	gggtgcgcgt	gattgccaag	cacgtcccca	tgcgctccat	caagaagagc	2280
gacttcgcgg	agctggtgaa	gtacatcacc	gacgagcaag	gcaagaccga	gcgcctttgc	2340
gacgctcacc	gggctggttg	ccctcgccgc	tgggctggcg	gcgctctatg	gccctgcaaa	2400
cgcgccagaa	acgccgtcga	agccgtgtgc	gagacaccgc	ggccgccggc	gttgtggata	2460
cctcgcgga	aacttgcccc	tcactgacag	atgaggggcg	gacgttgaca	cttgaggggc	2520
cgactcacc	ggcgcgcgct	tgacagatga	ggggcaggct	cgatttcggc	cggcgacgtg	2580
gagctggcca	gcctcgcaaa	tcggcgaaaa	cgctgattt	tacgcgagtt	tcccacagat	2640
gatgtggaca	agcctgggga	taagtgcct	gcggtattga	cacttgaggg	gcgcgactac	2700
tgacagatga	ggggcgcgat	ccttgacact	tgaggggcag	agtgtgaca	gatgaggggc	2760
gcacctattg	acatttgagg	ggctgtccac	aggcagaaaa	tccagcattt	gcaaggggtt	2820
ccgcccgttt	ttcggccacc	gctaacctgt	cttttaacct	gcttttaaac	caatatttat	2880
aaaccttggt	tttaaccagg	gctgcgccct	gtgcgcgtga	ccgcgcacgc	cgaagggggg	2940
tgccccccct	tctcgaaccc	tcccggcccg	ctaaccgccc	cctcccatcc	ccccaggggc	3000
tgcgccccct	ggccgcgaac	ggcctcacc	caaaaatggc	agcgctggca	gtccttgcca	3060
ttgccgggat	cggggcagta	acgggatggg	cgatcagccc	gagcgcgacg	cccggaagca	3120
ttgacgtgcc	gcaggtgctg	gcacgcacat	tcagcgacca	ggtgccgggc	agtgagggcg	3180
gcggcctggg	tggcggcctg	cccttcactt	cggccgtcgg	ggcattcacg	gacttcatgg	3240
cggggccggc	aattttttacc	ttgggcattc	ttggcatagt	ggtcgcgggt	gccgtgctcg	3300
tgctcggggg	tgcgataaac	ccagcgaacc	atttgaggtg	ataggtaaag	ttataccgag	3360
gtatgaaaac	gagaattgga	cctttacaga	attactctat	gaagcgccat	atttaaaaaag	3420
ctaccaagac	gaagaggatg	aagaggatga	ggaggcagat	tgcttggaat	atattgacaa	3480
tactgataag	ataatatatc	ttttatatag	aagatatcgc	cgtatgtaag	gatttcaggg	3540
ggcaaggcat	aggcagcgcg	cttatcaata	tatctataga	atgggcaaag	cataaaaaact	3600
tgcatggact	aatgcttgaa	accaggaca	ataaccttat	agcttgtaaa	ttctatcata	3660
attgggtaat	gactccaact	tattgatagt	gttttatgtt	cagataatgc	ccgatgactt	3720
tgtcatgcag	ctccaccgat	tttgagaacg	acagcgactt	ccgtcccagc	cgtgccaggt	3780
gctgcctcag	attcagggtta	tgccgctcaa	ttcgtgctgc	atategcttg	ctgattacgt	3840
gcagctttcc	cttcaggcgg	gattcataca	gcggccagcc	atccgtcatc	catatcacca	3900
cgtaaaaggg	tgacagcagg	ctcataagac	gccccagcgt	cgccatagtg	cgttcaccga	3960

106

atacgtgctg	aacaaccgtc	ttccggagac	tgtcatatgc	gtaaaacagc	cagcgctggc	4020
gcgatttagc	cccacatag	ccccactgtt	cgtccatttc	cgcgcagacg	atgacgtcac	4080
tgcccggctg	tatgcgcgag	gttaccgact	gcggcctgag	ttttttaagt	gacgtaaaat	4140
cgtgttgagg	ccaacgcca	taatgcgggc	tggtgcccg	catccaacgc	cattcatggc	4200
catatcaatg	atcttctggt	gcgtaccggg	ttgagaagcg	gtgtaagtga	actgcagttg	4260
ccatgtttta	cggcagtgag	agcagagata	gcgctgatgt	ccggcgggtgc	ttttgccgtt	4320
acgcaccacc	ccgtcagtag	ctgaacagga	gggacagctg	atagacacag	aagccactgg	4380
agcacctcaa	aaacaccatc	atacactaaa	tcagtaagtt	ggcagcatca	cccataattg	4440
tggtttcaaa	atcggctccg	tcgatactat	gttatacgcc	aactttgaaa	acaactttga	4500
aaaagctgtt	ttctgggtatt	taagggtttta	gaatgcaagg	aacagtgaat	tggagttcgt	4560
cttggtataa	ttagcttctt	ggggtatctt	taaatactgt	agaaaagagg	aaggaaataa	4620
taaatggcta	aaatgagaat	atcaccggaa	ttgaaaaaac	tgatcgaaaa	ataccgctgc	4680
gtaaaagata	cgggaaggaat	gtctcctgct	aagggtatata	agctgggtggg	agaaaatgaa	4740
aacctatatt	taaaaatgac	ggacagccgg	tataaaggga	ccacctatga	tgtggaacgg	4800
gaaaaggaca	tgatgctatg	gctggaagga	aagctgcctg	ttccaaaggt	cctgcacttt	4860
gaacggcatg	atggctggag	caatctgctc	atgagtggag	ccgatggcgt	cctttgctcg	4920
gaagagtatg	aagatgaaca	aagccctgaa	aagattatcg	agctgtatgc	ggagtgcac	4980
aggctctttc	actccatcga	catatcggat	tgtccctata	cgaatagctt	agacagccgc	5040
ttagccgaat	tggattactt	actgaataac	gatctggccg	atgtggattg	cgaaaactgg	5100
gaagaagaca	ctccatttaa	agatccgcgc	gagctgtatg	attttttaaa	gacggaaaag	5160
cccgaagagg	aacttgtctt	ttcccacggc	gacctgggag	acagcaacat	ctttgtgaaa	5220
gatggcaaa	taagtggctt	tattgatctt	gggagaagcg	gcagggcgga	caagtgggat	5280
gacattgect	tctgcgtccg	gtcgatcagg	gaggatatcg	gggaagaaca	gtatgtcgag	5340
ctatTTTTTg	acttactggg	gatcaagcct	gattgggaga	aaataaaata	ttatatTTTt	5400
ctggatgaat	tgTTTTtagt	cctagatgtg	gcgcaacgat	gccggcgaca	agcaggagcg	5460
caccgacttc	ttccgcatca	agtgttttgg	ctctcaggcc	gaggccacag	gcaagtattt	5520
gggcaagggg	tcgctgggat	tcgtgcaggg	caagattcgg	aataccaagt	acgagaagga	5580
cggccagacg	gtctacggga	ccgacttcat	tgccgataag	gtggattatc	tggacaccaa	5640
ggcaccaggc	gggtcaaata	aggaataagg	gcacattgcc	ccggcgtgag	tcggggcaat	5700
cccgaaggga	gggtgaatga	atcggacgtt	tgaccggaag	gcatacaggc	aagaactgat	5760
cgacgcgggg	ttttccgccc	aggatgccga	aaccatcgca	agccgcaccg	tcatgcgtgc	5820
gccccgcgaa	accttccagt	ccgtcggctc	gatgggtccag	caagctacgg	ccaagatcga	5880
gcgcgacagc	gtgcaactgg	ctccccctgc	cctgcccgcg	ccatcggccg	ccgtggagcg	5940
ttcgcgtcgt	ctcgaacagg	aggcggcagg	tttggcgaa	tcgatgacca	tcgacacgcg	6000
aggaaactatg	acgaccaaga	agcgaaaaac	cgccggcgag	gacctggcaa	aacaggtcag	6060
cgaggccaag	caggccgcgt	tgctgaaaca	cacgaagcag	cagatcaagg	aaatgcagct	6120
ttccttgctt	gatattgcgc	cgtggccgga	cacgatgcga	gcgatgccaa	acgacacggc	6180
ccgctctgcc	ctgttcacca	cgcgcaacaa	gaaaatccc	cgcgaggcgc	tgcaaaacaa	6240
ggtcattttt	cacgtcaaca	aggacgtgaa	gatcacctac	accggcgtcg	agctgcgggc	6300
cgacgatgac	gaactggtgt	ggcagcaggt	gttgaggtac	gcgaagcgca	cccctatcgg	6360
cgagccgata	accttcacgt	tctacgagct	ttgccaggac	ctgggctggg	cgatcaatgg	6420
ccggtattac	acgaaggccg	aggaatgcct	gtcgcgccta	caggcgacgg	cgatgggctt	6480
cacgtccgac	cgcgttgggc	acctggaatc	ggtgtcgctg	ctgcaccgct	tccgcgtcct	6540
ggaccgtggc	aagaaaacgt	cccgttgcca	ggtcctgatc	gacgaggaaa	tcgtcgtgct	6600
gtttgctggc	gaccactaca	cgaaattcat	atgggagaag	taccgcaagc	tgctcgccgac	6660
ggcccagcgg	atgttcgact	atcttcagctc	gcaccgggag	ccgtacccgc	tcaagctgga	6720
aaccttccgc	ctcatgtgcg	gatcggattc	cacccgcgtg	aagaagtggc	gcgagcaggt	6780
cggcgaagcc	tgcgaagagt	tgcgaggcag	cggcctggtg	gaacacgcct	gggtcaatga	6840

107

tgacctggtg	cattgcaaac	gctagggcct	tgtgggggtca	gttccggctg	gggggttcagc	6900
agccagcgct	ttactggcat	ttcaggaaca	agcgggcact	gctcgacgca	cttgcttcgc	6960
tcagtatcgc	tcgggacgca	cggcgcgctc	tacgaactgc	cgataaacag	aggattaaaa	7020
ttgacaattg	tgattaaggc	tcagattcga	cggcttgag	cggccgacgt	gcaggatttc	7080
cgcgagatcc	gattgtcggc	cctgaagaaa	gctccagaga	tgttcgggtc	cgtttacgag	7140
cacgaggaga	aaaagcccat	ggaggcggtc	gctgaacggt	tgcgagatgc	cgtggcattc	7200
ggcgcctaca	tcgacggcga	gatcattggg	ctgtcgggtc	tcaaacagga	ggacggcccc	7260
aaggacgctc	acaaggcgca	tctgtccggc	gttttcgtgg	agcccgaaca	gcgaggccga	7320
ggggtcgccg	gtatgctgct	gcgggcggtg	ccggcggtt	tattgctcgt	gatgatcgctc	7380
cgacagattc	caacgggaat	ctggtggatg	cgcattctca	tcctcggcgc	acttaattatt	7440
tcgctattct	ggagcttggt	gtttatttcg	gtctaccgcc	tgccggggcg	ggtcgcggcg	7500
acggtaggcg	ctgtgcagcc	gctgatggtc	gtgttcattc	ctgccgctct	gctaggtagc	7560
ccgatacgat	tgatggcggt	cctgggggct	atthtgcgaa	ctgcgggctg	ggcgctgttg	7620
gtgttgacac	caaacgcagc	gctagatcct	gtcggcgctc	cagcgggcct	ggcgggggcg	7680
gtttccatgg	cggtcggaac	cgtgctgacc	cgcaagtggc	aacctcccgt	gcctctgctc	7740
acctttaccg	cctggcaact	ggcgggccgga	ggacttctgc	tcgttccagt	agcttttagtg	7800
tttgatccgc	caatcccgat	gcctacagga	accaatgttc	tcggcctggc	gtggctcggc	7860
ctgatcggag	cgggtttaac	ctacttcctt	tgggtccggg	ggatctcgcg	actcgaacct	7920
acagttgttt	ccttactggg	ctttctcagc	cccagatctg	gggtcgatca	gccgggggatg	7980
catcaggccg	acagtcggaa	cttcgggtcc	ccgacctgta	ccattcggtg	agcaatggat	8040
aggggagttg	atatcgtcaa	cgttcacttc	taaagaaata	gcgccactca	gcttcctcag	8100
cggctttatc	cagcgatttc	ctattatgtc	ggcatagtgc	tcaagatcga	cagcctgtca	8160
cggttaagcg	agaaatgaat	aagaaggctg	ataattcgga	tctctgcgag	ggagatgata	8220
tttgatcaca	ggcagcaacg	ctctgtcatc	gttacaatca	acatgctacc	ctccgcgaga	8280
tcacccgtgt	ttcaaaccgg	gcagcttagt	tgccgttctt	ccgaatagca	tcggtaacat	8340
gagcaaagtc	tgccgcctta	caacggctct	cccgtgacg	ccgtcccggg	ctgatgggct	8400
gcctgtatcg	agtggtgatt	ttgtgccgag	ctgccggctc	gggagctgtt	ggctggctgg	8460
tggcaggata	tattgtgggt	taaacaaatt	gacgcttaga	caacttaata	acacattgctg	8520
gacgttttta	atgtactggg	gtgggttttc	ttttaccag	tgagacgggc	aacagctgat	8580
tgcccttcac	cgcctggccc	tgagagagtt	gcagcaagcg	gtccacgctg	gtttgccccca	8640
gcaggcgaaa	atcctgtttg	atgggtgggtc	cgaatcggc	aaaatccctt	ataaatcaaaa	8700
agaatagccc	gagatagggt	tgagtgttgt	tccagtttgg	aacaagagtc	cactattaaa	8760
gaacgtggac	tccaacgtca	aagggcgaaa	aaccgtctat	cagggcgatg	gcccactacg	8820
tgaaccatca	cccaaatcaa	gttttttggg	gtcgaggtgc	cgtaaagcac	taaatcggaa	8880
ccctaaaggg	agccccgat	ttagagcttg	acggggaaag	ccggcgaaag	tggcgagaaa	8940
ggaaggggaag	aaagcgaaag	gagcggggcg	cattcaggct	gcgcaactgt	tgggaagggc	9000
gatcggtgcg	ggcctcttcg	ctattacgcc	agctggcgaa	agggggatgt	gctgcaaggc	9060
gattaagttg	ggtaacgcca	gggttttccc	agtcacgacg	ttgtaaaacg	acggccagtg	9120
aattaattcc	catcttgaaa	gaaatatagt	ttaaatatatt	attgataaaa	taacaagtca	9180
ggtattatag	tccaagcaaaa	aacataaatt	tattgatgca	agtttaaatt	cagaaatatt	9240
tcaataactg	attatatcag	ctggtacatt	gcgtagatg	aaagactgag	tgcgatatta	9300
tgtgtaatac	ataaattgat	gatatagcta	gcttagctca	tcgggggatc	cgtcgaagct	9360
agcttgggtc	ccgctcagaa	gaactcgtca	agaaggcgat	agaaggcgat	gcgctgcgaa	9420
tcgggaagcgg	cgataccgta	aagcacgagg	aagcggctcag	cccattcgcc	gccaagctct	9480
tcagcaatat	cacgggtagc	caacgctatg	tcctgatagc	ggtccggcac	acccagccgg	9540
ccacagtcga	tgaatccaga	aaagcggcca	ttttccacca	tgatattcgg	caagcaggca	9600
tcgccatggg	tcacgacgag	atcctcgccg	tcgggcatgc	gcgccttgag	cctggcgaaac	9660
agttcggctg	gcgcgagccc	ctgatgctct	tcgtccagat	catcctgac	gacaagaccg	9720

108

gcttccatcc gagtacgtgc tcgctcgatg cgatgtttcg cttggtgggc gaatgggcag 9780
gtagccggat caagcgtatg cagccgccgc attgcatcag ccatgatgga tactttctcg 9840
gcaggagcaa ggtgagatga caggagatcc tgccccggca cttcgcccaa tagcagccag 9900
tcccttcccc cttcagtgc aacgtcgagc acagctgcgc aaggaaacgcc cgtcgtggcc 9960
agccacgata gccgcgctgc ctcgtcctgc agttcattca gggcaccgga caggtcggtc 10020
ttgacaaaaa gaaccgggcg cccctgcgct gacagccgga acacggcggc atcagagcag 10080
ccgattgtct gttgtgcca gtcatagccg aatagcctct ccaccaagc ggccggagaa 10140
cctgcgtgca atccatcttg ttcaatccaa gtcctcatgg gccctcgact agagtgcaga 10200
tctggattga gagtgaatat gagactctaa ttggataccg aggggaattt atggaacgtc 10260
agtggagcat ttttgacaag aaatatctgc tagctgatag tgaccttagg cgacttttga 10320
acgcgcaata atggtttctg acgtatgtgc ttagctcatt aaactccaga aaccgcggc 10380
tgagtggctc cttcaacggt gcggttctgt cagttccaaa cgtaaaacgg cttgtccgc 10440
gtcatcggcg ggggtcataa cgtgactccc ttaattctcc gtcctatgac ttgatccct 10500
gcgccatcag atccttggcg gcaagaaagc catccagttt actttgcagg gcttcccaac 10560
cttaccagag gccgcccag ctggcaattc cggttcgctt gctgtccata aaaccgcca 10620
gtctagctat cgccatgtaa gccactgca agctacctgc tttctcttg cgcttgcgtt 10680
ttcccttgct cagatagccc agtagctgac attcatccgg ggtcagcacc gtttctgcgg 10740
actggctttc tacgtgttcc gcttccttta gcagccctg cgccctgagt gcttgcggca 10800
gcgtgaagct tgcattgcctg caggctcgag gcgcgccgag ctctcgagc aaatttacac 10860
attgccacta aacgtctaaa cccttgtaat ttgttttgt tttactatgt gtgttatgta 10920
tttgatttgc gataaatttt tatatttggg actaaattta taacacctt tatgtctaacg 10980
tttgccaaca cttagcaatt tgcaagttga ttaattgatt ctaaattatt tttgtcttct 11040
aaatacatat actaatcaac tggaaatgta aatatattgct aatatttcta ctataggaga 11100
attaaagtga gtgaatatgg taccacaagg tttggagatt taattgttgc aatgctgcat 11160
ggatggcata tacaccaaac attcaataat tcttgaggat aataatggta ccacacaaga 11220
tttgaggtgc atgaacgtca cgtggacaaa aggttttagta atttttcaag acaacaatgt 11280
taccacacac aagttttgag gtgcatgcat ggatgccctg tggaaagtgt aaaaatatatt 11340
tggaaatgat ttgcatggaa gccatgtgta aaacctgac atccacttgg aggatgcaat 11400
aatgaagaaa actacaaatt tacatgcaac tagttatgca tgtagtctat ataattaggga 11460
ttttgcaata ctttcattca tacacactca ctaagtttta cagattata atttcttcat 11520
agccagcaga tctgccggca tcgatcccg gccatggcct gctttaatga gatatgcgag 11580
acgcctatga tcgcatgata tttgctttca attctgttgt gcacgttgta aaaaacctga 11640
gcatgtgtag ctcatgcct taccgccggt ttcggttcat tctaatgaat atatcaccgg 11700
ttactatcgt atttttatga ataatttct ccgttcaatt tactgattgt ccgtcgacga 11760
gctcggcgcg cctctagagg atcgatgaat tcagatcggc tgagtggctc cttcaacggt 11820
gcggttctgt cagttccaaa cgtaaaacgg cttgtccgc gtcacggcg ggggtcataa 11880
cgtgactccc ttaattctcc gtcctatgac agattgtcgt tccccgctt cagtttaaac 11940
tatcagtgtt tgacaggata tattggcggg taaacctaa agaaaagagc gtttattaga 12000
ataatcggat atttaaaagg gcgtgaaaag gtttatcctt cgtccatttg tatgtgcatg 12060
ccaaccacag ggttcccca 12079

<210> 67

<211> 13002

<212> DNA

<213> artificial sequence

<220>

<223> pflanzlicher Expressionsvektor mit zwei Promotor-Terminator-Expressionskassetten

<400> 67

gatctggcgc cggccagcga gacgagcaag attggccgcc gcccgaacg atccgacagc 60
gcgcccagca caggtgcgca ggcaaattgc accaacgcat acagcgccag cagaatgcc 120
tagtgggagg tgacgtcgtt cgagtgaacc agatcgcgca ggaggcccg cagcaccggc 180
ataatcaggc cgatgccgac agcgtcgagc gcgacagtgc tcagaattac gatcaggggt 240
atgttgggtt tcacgtctgg cctccggacc agcctccgct ggtccgattg aacgcgcgga 300
ttctttatca ctgataagtt ggtggacata ttatgtttat cagtataaaa gtgtcaagca 360
tgacaaagtt gcagccgaat acagtgatcc gtgccgccct ggacctgttg aacgaggtcg 420
gcgtagacgg tctgacgaca cgaaactgg cggaacgggt ggggggttcag cagccggcgc 480
tttactggca cttcaggaac aagcggggcg tgctcgacgc actggccgaa gccatgctgg 540
cggagaatca tacgcattcg gtgccgagag ccgacgacga ctggcgctca tttctgatcg 600
ggaatgcccg cagcttcagg caggcgctgc tcgctaccg cgatggcgcg cgcattccatg 660
ccggcacgcg accggggcgca ccgcagatgg aaacggccga cgcgcagctt cgcttccctt 720
gcgaggcggg tttttcgcc ggggacgccc tcaatgcgct gatgacaatc agctacttca 780
ctgttggggc cgtgcttgag gagcaggccg gcgacagcga tgccggcgag cgcggcgga 840
ccgttgaaca ggctccgctc tcgcccgtgt tgccggccgc gatagacgcc ttcgacgaag 900
ccggtccgga cgcagcgttc gagcagggac tcgcggtgat tgcgatgga ttggcgaaaa 960
ggaggctcgt tgtcaggaac gttgaaggac cgagaaaggg tgacgattga tcaggaccgc 1020
tgccggagcg caaccactc actacagcag agccatgtag acaacatccc ctcccccttt 1080
ccaccgcgtc agacgcccgt agcagccgcg tacgggcttt ttcattgcct gccctagcgt 1140
ccaagcctca cggccgcgct cggcctctct ggcggccttc tggcgctctt ccgcttctc 1200
gctcactgac tcgctgcgct cggctgcttc gctgcggcga gcggtatcag ctactcaaa 1260
ggcggttaata cggttatcca cagaatcagg ggataacgca ggaaagaaca tgtgagcaaa 1320
aggccagcaa aaggccagga accgtaaaaa ggccgcgttg ctggcgcttt tccataggct 1380
ccgccccct gacgagcatc acaaaaatcg acgctcaagt cagagggtggc gaaaccgac 1440
aggactataa agataaccagg cgtttcccc tggaagctcc ctgctgcgct ctctgttcc 1500
gaccctgccg cttaccggat acctgtccgc ctttctccct tcgggaagcg tggcgctttt 1560
ccgctgcata accctgcttc ggggtcatta tagcgatttt ttcggtatat ccatcctttt 1620
tcgcacgata tacaggattt tgccaaaggg ttctgttaga ctttcttgg tgtatccaa 1680
ggcgctcagcc gggcaggata ggtgaagtag gccaccgcg gagcgggtgt tccttcttca 1740
ctgtccctta ttcgcacctg gcggtgctca acgggaatcc tgctctgcga ggctggccgg 1800
ctaccgccgg cgtaacagat gagggcaagc ggatggctga tgaaaccaag ccaaccagga 1860
agggcagccc acctatcaag gtgtactgcc ttccagacga acgaagagcg attgaggaaa 1920
agggggcgcc ggccggcatg agcctgtcgg cctacctgct ggccgctcgc cagggtaca 1980
aaatcacggg cgtcgtggac tatgagcacg tccgcgagct ggcccgcatc aatggcgacc 2040
tgggccgctt gggcgccctg ctgaaactct ggctcaccga cgaccgcgc acggcgcggt 2100
tcggtgatgc caggatectc gccctgctgg cgaagatcga agagaagcag gacgagcttg 2160
gcaaggatcat gatggcgctg gtccgcccga gggcagagcc atgactttt tagccgctaa 2220
aacggccggg ggggtgcgct gattgccaaag cagctcccca tcgctccat caagaagagc 2280
gacttcgagg agctgggtga gtacatcacc gacgagcaag gcaagaccga gcgcctttgc 2340
gacgctcacc gggctggttg ccctcgccgc tgggctggcg gccgtctatg gccctgcaaa 2400
cgcgccagaa acgccgtcga agccgtgtgc gagacaccgc ggccggccggc gttgtggata 2460
cctcgcgga aacttgggcc tcaactgacag atgaggggag gacgttgaca cttgaggggc 2520
cgactcacc ggccggcgct tgacagatga ggggagggct cgatttcggc cggcgacgtg 2580

gagctggcca	gcctcgcaaa	tcggcgaaaa	cgctgattt	tacgcgagtt	tcccacagat	2640
gatgtggaca	agcctgggga	taagtgcctt	gcggtattga	cacttgaggg	gcgcgactac	2700
tgacagatga	ggggcgcgat	ccttgacact	tgaggggcag	agtgtgaca	gatgaggggc	2760
gcacctattg	acatttgagg	ggctgtccac	aggcagaaaa	tccagcattt	gcaaggggtt	2820
ccgcccgttt	ttcggccacc	gctaacctgt	cttttaacct	gcttttaaac	caatatttat	2880
aaaccttggt	tttaaccagg	gctgcgccct	gtgcgcgtga	ccgcgcacgc	cgaagggggg	2940
tgccccccct	tctcgaacct	tcccggcccc	ctaaccgagg	cctcccatcc	ccccaggggc	3000
tgcgccccct	ggccgcgaac	ggcctcacc	caaaaatggc	agcgctggca	gtccttgcca	3060
ttgccgggat	cggggcgagta	acgggatggg	cgatcagccc	gagcgcgacg	cccgggaagca	3120
ttgacgtgcc	gcaggtgctg	gcatcgacat	tcagcgacca	ggtgccgggc	agtgagggcg	3180
gcggcctggg	tggcggcctg	cccttcactt	cggccgtcgg	ggcattcacg	gacttcatgg	3240
cggggccggc	aattttttacc	ttgggcatte	ttggcatagt	ggtcgcgggt	gccgtgctcg	3300
tgttcggggg	tgcgataaac	ccagcgaacc	atttgaggtg	ataggttaaga	ttataccgag	3360
gtatgaaaac	gagaattgga	cctttacaga	attactctat	gaagcgccat	atttaaaaag	3420
ctaccaagac	gaagaggatg	aagaggatga	ggaggcagat	tgccctgaat	atattgacaa	3480
tactgataag	ataatatatc	ttttatatag	aagatatcgc	cgtatgtaag	gatttcaggg	3540
ggcaaggcat	aggcagcgcg	cttatcaata	tatctataga	atgggcaaa	cataaaaact	3600
tgcatggact	aatgcttgaa	accagggaca	ataaccttat	agcttgtaaa	ttctatcata	3660
attgggtaat	gactccaact	tattgatagt	gttttatgtt	cagataatgc	ccgatgactt	3720
tgtcatgcag	ctccaccgat	tttgagaacg	acagcgactt	ccgtcccagc	cgtgccaggt	3780
gctgcctcag	attcagggtta	tgcgctcaa	ttcgtcgcgt	atatcgcttg	ctgattacgt	3840
gcagctttcc	cttcaggcgg	gattcataca	gcggccagcc	atccgtcatc	catatcacca	3900
cgtcaaaggg	tgacagcagg	ctcataagac	gccccagcgt	cgccatagtg	cgttcaccga	3960
atacgtgcgc	aacaaccgtc	ttccggagac	tgtcatacgc	gtaaaacagc	cagcgctggc	4020
gcgatttagc	cccacatag	ccccactggt	cgtccatttc	cgcgcgacgc	atgacgtcac	4080
tgcccggctg	tatgcgcgag	gttaccgact	gcggcctgag	ttttttaagt	gacgtaaaat	4140
cgtgttgagg	ccaacgcca	taatgcgggc	tggtgcccgg	catccaacgc	cattcatggc	4200
catatcaatg	attttctggt	gcgtaccggg	ttgagaagcg	gtgtaagtga	actgcagttg	4260
ccatgtttta	cggcagtgag	agcagagata	gcgctgatgt	ccggcggtgc	ttttgccgtt	4320
acgcaccacc	ccgtcagtag	ctgaacagga	gggacagctg	atagacacag	aagccactgg	4380
agcacctcaa	aaacaccatc	ataactaaa	tcagtaagtt	ggcagcatca	cccataattg	4440
tggttttcaa	atcggtccg	tcgatactat	gttatacgcc	aactttgaaa	acaactttga	4500
aaaagctggt	ttctggtatt	taaggtttta	gaatgcaagg	aacagtgaat	tggagttcgt	4560
cttggtataa	ttagcttctt	ggggtatctt	taaatactgt	agaaaagagg	aaggaaataa	4620
taaatggcta	aaatgagaat	atcaccggaa	ttgaaaaaac	tgatcgaaaa	ataccgctgc	4680
gtaaaagata	cggaagggaat	gtctcctgct	aaggatatata	agctgggtggg	agaaaatgaa	4740
aacctatatt	taaaaatgac	ggacagccgg	tataaaggga	ccacctatga	tgtggaacgg	4800
gaaaaggaca	tgatgctatg	gctggaagga	aagctgcctg	ttccaaaggt	cctgcacttt	4860
gaacggcatg	atggctggag	caatctgctc	atgagtgagg	ccgatggcgt	cctttgctcg	4920
gaagagtatg	aagatgaaca	aagccctgaa	aagattatcg	agctgtatgc	ggagtgcac	4980
aggctctttc	actccatcga	catatcggtt	tgtccctata	cgaatagctt	agacagccgc	5040
ttagccgaat	tggattactt	actgaataac	gatctggccg	atgtggattg	cgaaaactgg	5100
gaagaagaca	ctccatttaa	agatccgcgc	gagctgtatg	atttttttaa	gacggaaaag	5160
cccgaagagg	aacttgctt	ttcccacggc	gacctgggag	acagcaacat	ctttgtgaaa	5220
gatggcaaa	taagtggctt	tattgatctt	gggagaagcg	gcagggcgga	caagtgggat	5280
gacattgcct	tctgcgtccg	gtcgatcagg	gaggatatcg	gggaagaaca	gtatgtcgag	5340
ctattttttg	acttactggg	gatcaagcct	gattggggaga	aaataaaaata	ttatatatta	5400
ctggatgaat	tgttttagta	cctagatgtg	gcgcaacgat	gccggcgaca	agcaggagcg	5460

caccgacttc	ttccgcatca	agtggttttg	ctctcaggcc	gaggcccacg	gcaagtattt	5520
gggcaagggg	tcgttggtat	tcgtgcaggg	caagattcgg	aataccaagt	acgagaagga	5580
cggccagacg	gtctacggga	ccgacttcat	tgccgataag	gtggattatc	tggacaccaa	5640
ggcaccaggc	gggtcaaata	aggaataagg	gcacattgcc	ccggcgtgag	tcgggggcaat	5700
cccgaagga	gggtgaatga	atcggacgtt	tgaccggaag	gcatacaggc	aagaactgat	5760
cgacgcgggg	ttttccgccc	aggatgccga	aaccatcgca	agccgcaccg	tcatgcgtgc	5820
gccccgcgaa	accttccagt	ccgtcggctc	gatgggtccg	caagctacgg	ccaagatcga	5880
gcgcgacagc	gtgcaactgg	ctccccctgc	cctgcccgcg	ccatcgggccg	ccgtggagcg	5940
ttcgcgtcgt	ctcgaacagg	aggcggcagg	tttggcggaag	tcgatgacca	tcgacacgcg	6000
aggaactatg	acgaccaaga	agcgaaaaac	cgccggcgag	gacctggcaa	aacaggtcag	6060
cgaggccaag	caggccgcgt	tgtgaaaca	cacgaagcag	cagatcaagg	aaatgcagct	6120
ttccttggtc	gatattgcgc	cgtggccgga	cacgatgcga	gcgatgccaa	acgacacggc	6180
ccgctctgcc	ctgttcacca	cgcgcaacaa	gaaaatcccc	cgcgaggcgc	tgcaaaacaa	6240
ggtcattttc	cacgtcaaca	aggacgtgaa	gatcacctac	accggcgtcg	agctgcgggc	6300
cgacgatgac	gaactggtgt	ggcagcaggt	ggtggagtag	gcgaagcgca	cccctatcgg	6360
cgagccgata	accttcacgt	tctacgagct	ttgccaggac	ctgggctggt	cgatcaatgg	6420
ccggtattac	acgaaggccg	aggaatgcct	gtcgcgccta	caggcgacgg	cgatgggctt	6480
cacgtccgac	cgcgttgggc	acctggaata	ggtgtcgtcg	ctgcaccgct	tcgcgcctct	6540
ggaccgtggc	aagaaaacgt	cccgttgcca	ggtcctgata	gacgaggaaa	tcgtcgtgct	6600
gtttgctggc	gaccactaca	cgaaattcat	atgggagaag	taccgcaagc	tgtcgcggac	6660
ggcccgacgg	atgttcgact	atttcagctc	gcaccgggag	ccgtaccgcg	tcaagctgga	6720
aaccttccgc	ctcatgtgcg	gatcggattc	caccgcgctg	aagaagtggc	gcgagcaggt	6780
cggcggaagc	tgcaagagt	tgcgaggcag	cggcctggtg	gaacacgcct	gggtcaatga	6840
tgacctggtg	cattgcaaac	gctagggcct	tgtgggggtca	gttccggctg	ggggttcagc	6900
agccagcgct	ttactggcat	ttcaggaaca	agcgggcact	gctcgacgca	cttgcttcgc	6960
tcagtatcgc	tcgggacgca	cggcgcgctc	tacgaactgc	cgataaacag	aggattaaaa	7020
ttgacaattg	tgattaaggc	tcagattcga	cggcttgagg	cggccgacgt	gcaggatttc	7080
cgcgagatcc	gattgtcggc	cctgaagaaa	gctccagaga	tgctcgggtc	cgtttacgag	7140
cacgaggaga	aaaagcccat	ggaggcgttc	gctgaacggg	tgcgagatgc	cgtggcattc	7200
ggcgcctaca	tcgacggcga	gatcattggg	ctgtcgggtc	tcaaacagga	ggacggcccc	7260
aaggacgctc	acaaggcgca	tctgtccggc	gttttcgtgg	agcccgaaca	gcgaggccga	7320
ggggtcgccg	gtatgctgct	gcgggcgttg	ccggcggggt	tattgctcgt	gatgatcgtc	7380
cgacagattc	caacgggaat	ctggtggatg	cgcattctca	tcctcggcgc	acttaattat	7440
tcgctattct	ggagcttggt	gtttatttcg	gtctaccgcc	tgccggggcg	ggtcgcggcg	7500
acggtagggc	ctgtgcagcc	gctgatggtc	gtgttcattc	ctgccgctct	gctaggtagc	7560
ccgatacgat	tgatggcggt	cctgggggct	atttgcgga	ctgcggggcg	ggcgcgtgtg	7620
gtgttgacac	caaacgcagc	gctagatcct	gtcggcgtcg	cagcggggcct	ggcggggggcg	7680
gtttccatgg	cgttcggaac	cgtgctgacc	cgcaagtggc	aacctcccgt	gcctctgctc	7740
acctttaccg	cctggcaact	ggcggccgga	ggacttctgc	tcgttccagt	agcttttagtg	7800
tttgatccgc	caatcccgat	gcctacagga	accaatgttc	tcggcctggc	gtggctcggc	7860
ctgatcggag	cgggtttaac	ctacttcctt	tgggtccggg	ggatctcgcg	actcgaacct	7920
acagttgttt	ccttactggg	ctttctcagc	cccagatctg	gggtcgatca	gccggggatg	7980
catcaggccg	acagtcggaa	cttcgggtcc	ccgacctgta	ccattcggtg	agcaatggat	8040
aggggagttg	atatcgtaaa	cgttcacttc	taaagaaata	gcgccactca	gcttcctcag	8100
cggctttatc	cagcgatttc	ctattatgtc	ggcatagttc	tcaagatcga	cagcctgtca	8160
cggttaagcg	agaaatgaat	aagaaggctg	ataattcgga	tctctgcgag	ggagatgata	8220
tttgatcaca	ggcagcaacg	ctctgtcctc	gttacaatca	acatgctacc	ctccgcgaga	8280
tcacccgtgt	ttcaaaccgc	gcagcttagt	tgccgttctt	ccgaatagca	tcggtaacat	8340

112

gagcaaagtc	tgccgcctta	caacggctct	cccgtgacg	ccgtcccga	ctgatgggct	8400
gcctgtatcg	agtgggtgatt	ttgtgccgag	ctgccggtcg	gggagctgtt	ggctgggctgg	8460
tggcaggata	tattgtgggtg	taaacaaatt	gacgcttaga	caacttaata	acacattgcg	8520
gacgttttta	atgtactggg	gtggtttttc	ttttcaccag	tgagacgggc	aacagctgat	8580
tgcccttcac	cgcctggccc	tgagagagtt	gcagcaagcg	gtccacgctg	gtttgccccca	8640
gcaggcgaaa	atcctgtttg	atgggtggttc	cgaaatcggc	aaaatccctt	ataaatcaaa	8700
agaatagccc	gagatagggt	tgagtgttgt	tccagtttgg	aacaagagtc	cactattaaa	8760
gaacgtggac	tccaacgtca	aagggcgaaa	aaccgtctat	cagggcgatg	gcccactacg	8820
tgaaccatca	cccaaataca	gttttttggg	gtcgaggtgc	cgtaaagcac	taaatacgaa	8880
ccctaaaggg	agcccccgat	ttagagcttg	acggggaaag	ccggcgaaag	tggcgagaaa	8940
ggaaggggaag	aaagcgaaa	gagcggggcg	cattcagggt	gcgcaactgt	tgggaagggc	9000
gatcgggtcg	ggcctcttcg	ctattacgcc	agctggcgaa	agggggatgt	gctgcaaggc	9060
gattaagttg	ggtaacgcca	gggttttccc	agtcacgacg	ttgtaaaacg	acggccagtg	9120
aattaattcc	catcttgaaa	gaaatatagt	ttaaatattt	attgataaaa	taacaagtca	9180
ggtattatag	tccaagcaaa	aacataaatt	tattgatgca	agtttaaatt	cagaaatatt	9240
tcaataactg	attatatcag	ctgggtacatt	gccgtagatg	aaagactgag	tgcgatatta	9300
tgtgtaatac	ataaattgat	gatatagcta	gcttagctca	tccgggggatc	cgtcgaagct	9360
agcttgggtc	ccgtcagaa	gaactcgtca	agaaggcgat	agaaggcgat	gcgctgcgaa	9420
tcggggagcgg	cgataccgta	aagcacgagg	aagcggctag	cccattcgcc	gccaaagctct	9480
tcagcaatat	cacgggtagc	caacgctatg	tcctgatagc	ggctccgccac	accagccggg	9540
ccacagtcga	tgaatccaga	aaagcggcca	ttttccacca	tgatattcgg	caagcaggca	9600
tcgccatggg	tcacgacgag	atcctcgccg	tcgggcatgc	gcgccttgag	cctggcgaaac	9660
agttcggctg	gcgcgagccc	ctgatgctct	tcgtccagat	catcctgatc	gacaagaccg	9720
gcttccatcc	gagtacgtgc	tcgctcgatg	cgatgtttcg	cttgggtggtc	gaatgggcag	9780
gtagccggat	caagcgtatg	cagccgccgc	attgcatcag	ccatgatgga	tactttctcg	9840
gcaggagcaa	gggtgagatga	caggagatcc	tgccccggca	cttcgcccga	tagcagccag	9900
tcccttcccc	cttcagtgac	aacgtcgagc	acagctgcgc	aaggaaacgc	cgtcgtggcc	9960
agccacgata	gccgcgctgc	ctcgtcctgc	agttcattca	gggcaccgga	caggtcggtc	10020
ttgacaaaaa	gaaccggggc	cccctgcgct	gacagccgga	acacggcggc	atcagagcag	10080
ccgattgtct	gttgtgcccc	gtcatagccg	aatagcctct	ccacccaagc	ggccggagaa	10140
cctgcgtgca	atccatcttg	ttcaatccaa	gtccccatgg	gccctcgact	agagtcgaga	10200
tctggattga	gagtgaatat	gagactctaa	ttggataccg	aggggaattt	atggaacgtc	10260
agtggagcat	ttttgacaag	aaatatattg	tagctgatag	tgaccttagg	cgacttttga	10320
acgcgcaata	atggtttctg	acgtatgtgc	ttagctcatt	aaactccaga	aaccgcggc	10380
tgagtggctc	cttcaacgtt	gcggttctgt	cagttccaaa	cgtaaaacgg	cttgtccgc	10440
gtcatcgggc	ggggtcataa	cgtgactccc	ttaattctcc	gctcatgac	ttgatccct	10500
gcgccatcag	atccttggcg	gcaagaaagc	catccagttt	actttgcagg	gcttcccaac	10560
cttaccagag	ggcgccccag	ctggcaattc	cggttcgctt	gctgtccata	aaaccgcca	10620
gtctagctat	cgccatgtaa	gcccactgca	agctacctgc	tttctctttg	cgcttgctt	10680
ttcccttgct	cagatagccc	agtagctgac	attcatccgg	ggtcagcacc	gtttctgcgg	10740
actggctttc	tacgtgttcc	gcttccctta	gcagcccttg	cgccctgagt	gcttgcgga	10800
gcgtgaagct	tgcatgcctg	caggtcgacg	gcgcgcgag	ctcctcgagc	aaatttacac	10860
attgccacta	aacgtctaaa	cccttgtaat	ttgtttttgt	tttactatgt	gtgttatgta	10920
tttgatttgc	gataaatttt	tatatattgg	actaaattta	taacaccttt	tatgctaacg	10980
tttgccaaca	cttagcaatt	tgcaagttga	tttaattgatt	ctaaattatt	tttgtcttct	11040
aaatacatat	actaatcaac	tggaaatgta	aatatttgct	aatatttcta	ctataggaga	11100
attaaagtga	gtgaatatgg	taccacaagg	tttgagatt	taattgttgc	aatgctgcat	11160
ggatggcata	tacaccaaac	attcaataat	tcttgaggat	aataatggta	ccacacaaga	11220

113

```

tttgagggtgc atgaacgtca cgtggacaaa aggttttagta atttttcaag acaacaatgt 11280
taccacacac aagttttgag gtgcatgcat ggatgccctg tggaaagttt aaaaatattt 11340
tggaaatgat ttgcatggaa gccatgtgta aaacctgac atccacttgg aggatgcaat 11400
aatgaagaaa actacaaatt tacatgcaac tagttatgca tgtagtctat ataatgagga 11460
ttttgcaata ctttcattca tacacactca ctaagtttta cacgattata atttcttcat 11520
agccagccca ccgcggtggg cggccgcctg cagtctagaa ggcctcctgc tttaatgaga 11580
tatgcgagac gcctatgac gcgatgatt tgctttcaat tctgttgtgc acgttgtaaa 11640
aaacctgagc atgtgtagct cagatcctta ccgccggttt cggttcattc taatgaatat 11700
atcaccggtt actatcgtat ttttatgaat aatattctcc gttcaattta ctgattgtcc 11760
gtcgagcaaa tttacacatt gccactaac gtctaaacct ttgtaatttg tttttgtttt 11820
actatgtgtg ttatgtattt gatttgcgat aaatttttat atttggtact aaatttataa 11880
caccttttat gctaacgttt gccaacactt agcaatttgc aagttgatta attgattcta 11940
aattattttt gtcttctaaa tacatatact aatcaactgg aaatgtaaat atttgctaat 12000
atttctacta taggagaatt aaagtgagtg aatatggtac cacaaggttt ggagatttaa 12060
ttgttgcaat gctgcatgga tggcatatac accaaacatt caataattct tgaggataat 12120
aatggtacca cacaagattt gaggtgcatg aacgtcacgt ggacaaaagg ttttagtaatt 12180
tttcaagaca acaatgttac cacacacaag ttttgagggtg catgcatgga tgccctgtgg 12240
aaagttttaa aatatttttg aaatgatttg catggaagcc atgtgtaaaa ccatgacatc 12300
cacttggagg atgcaataat gaagaaaact acaattttac atgcaactag ttatgcatgt 12360
agtctatata atgaggattt tgcaataact tcattcatac acactcacta agttttacac 12420
gattataatt tcttcatagc cagcggtacc gatatcgggc ccgctagcgt taaccctgct 12480
ttaatgagat atgcgagacg cctatgatcg catgatattt gctttcaatt ctgttgtgca 12540
cgttgtaaaa aacctgagca tgtgtagctc agatccttac cgccggttcc ggttcattct 12600
aatgaatata tcaccggtta ctatcgtatt tttatgaata atattctccg ttcaatttac 12660
tgattgtccg tcgacgaatt cgagctcggc gcgcctctag aggatcgatg aattcagatc 12720
ggctgagtggt ctccttcaac gttgcggttc tgtcagttcc aaacgtaaaa cggcttggtcc 12780
cgcgctcatg gcgggggtca taacgtgact cccttaattc tccgctcatg atcagattgt 12840
cgtttcccg cttcagttta aactatcagt gtttgacagg atatattggc gggtaaacct 12900
aagagaaaag agcgtttatt agaataatcg gatatttaaa agggcgtgaa aagggtttatc 12960
cttcgtccat ttgtatgtgc atgccaacca cagggttccc ca 13002

```

<210> 68

<211> 13905

<212> DNA

<213> artificial sequence

<220>

<223> pflanzlicher Expressionsvektor mit drei Promotor-Terminator-Expressionskassetten

<400> 68

```

gatctggcgc cggccagcga gacgagcaag attggccgcc gcccgaacg atccgacagc 60
gcgccagca caggtgcgca ggcaaattgc accaacgcat acagcgccag cagaatgcca 120
tagtgggctg tgacgtcgtt cgagtgaacc agatcgcgca ggaggcccg cagcaccggc 180
ataatcaggc cgatgccgac agcgtcgagc gcgacagtgc tcagaattac gatcaggggt 240
atgttgggtt tcacgtctgg cctccggacc agcctccgct ggtccgattg aacgcgcgga 300

```

ttcttttatca	ctgataagtt	ggtggacata	ttatgtttat	cagtataaaa	gtgtcaagca	360
tgacaaagtt	gcagccgaat	acagtgatcc	gtgccgccct	ggacctgttg	aacgaggtcg	420
gcgtagacgg	tctgacgaca	cgaaaactgg	cggaaacggtt	gggggttcag	cagccggcgc	480
tttactggca	cttcaggaac	aagcgggcgc	tgctcgacgc	actggccgaa	gccatgctgg	540
cggagaatca	tacgcattcg	gtgccgagag	ccgacgacga	ctggcgctca	tttctgatcg	600
ggaatgcccc	cagcttcagg	caggcgctgc	tcgcctaccg	cgatggcgcg	cgcatccatg	660
ccggcacgcg	accgggcgca	ccgcagatgg	aaacggccga	cgcgacgctt	cgcttcctct	720
gcgaggcggg	tttttcggcc	ggggacgccg	tcaatgcgct	gatgacaatc	agctacttca	780
ctgttggggc	cgtgcttgag	gagcaggccg	gcgacagcga	tgccggcgag	cgcgggcgga	840
ccgttgaaca	ggctccgctc	tcgccgctgt	tgccggccgc	gatagacgcc	ttcgacgaag	900
ccggtccgga	cgcagcgctc	gagcaggggac	tcgcgggtgat	tgctgatgga	ttggcgaaaa	960
ggaggctcgt	tgtcaggaac	gttgaaggac	cgagaaaggg	tgacgattga	tcaggaccgc	1020
tgccggagcg	caaccactc	actacagcag	agccatgtag	acaacatccc	ctcccccttt	1080
ccaccgcgct	agacgcccgt	agcagcccgc	tacgggcttt	ttcatgccct	gccctagcgt	1140
ccaagcctca	cggccgcgct	cggcctctct	ggcgcccttc	tgccgctctt	ccgcttcctc	1200
gctcactgac	tcgctgcgct	cggctgcttc	gctgcggcga	gcggtatcag	ctcactcaaa	1260
ggcggttaata	cggttatcca	cagaatcagg	ggataacgca	ggaaagaaca	tgtgagcaaa	1320
agggccagcaa	aaggccagga	accgtaaaaa	ggccgcgttg	ctggcgcttt	tccataggct	1380
ccgccccctc	gacgagcatc	acaaaaatcg	acgctcaagt	cagaggtggc	gaaaccgcgac	1440
aggactataa	agataccagg	cgtttccccc	tggaaagctcc	ctcgtgcgct	ctcctgttcc	1500
gaccctgccc	cttaccggat	acctgtccgc	ctttctccct	tcgggaagcg	tggcgctttt	1560
ccgctgcata	acctgtcttc	ggggtcatta	tagcgatttt	ttcgggtatat	ccatcccttt	1620
tcgcacgata	tacaggattt	tgccaaaggg	ttcgtgtaga	ctttccttgg	tgtatccaac	1680
ggcgtcagcc	gggcaggata	ggtgaagtag	gcccaccgcg	gagcgggtgt	tccttcttca	1740
ctgtccctta	ttcgacacct	gcggtgctca	acgggaatcc	tgctctgcga	ggctggccgg	1800
ctaccgccgg	cgtaacagat	gagggcaagc	ggatggctga	tgaaccgaag	ccaaccagga	1860
agggcagccc	acctatcaag	gtgtactgcc	ttccagacga	acgaagagcg	attgaggaaa	1920
agggcgccgg	ggccggcatg	agcctgtcgg	cctacctgct	ggccgtcggc	cagggtaca	1980
aatcacggg	cgtcgtggac	tatgagcagc	tcgcgagct	ggcccgcatc	aatggcgacc	2040
tggggccgct	ggggcgccct	ctgaaactct	ggctcaccga	cgaccgcgcg	acggcgccgg	2100
tcggtgatgc	cacgatcctc	gccctgctgg	cgaagatcga	agagaagcag	gacgagcttg	2160
gcaaggatcat	gatgggcgtg	gtccgcccga	gggcagagcc	atgacttttt	tagccgctaa	2220
aacggccggg	gggtgcgcgt	gattgccaag	cacgtcccca	tgcgctccat	caagaagagc	2280
gacttcgcgg	agctggtgaa	gtacatcacc	gacgagcaag	gcaagaccga	gcgcctttgc	2340
gacgctcacc	gggctggttg	ccctcgccgc	tgggctggcg	gccgtctatg	gccctgcaaa	2400
cgcgccagaa	acgccgtcga	agccgtgtgc	gagacaccgc	ggccgcgggc	ggtgtggata	2460
cctcgcgga	aacttgccc	tactgacag	atgagggcg	gacgttgaca	cttgaggggc	2520
cgactcacc	ggcgcgcggt	tgacagatga	ggggcaggct	cgatttcggc	cggcgacgtg	2580
gagctggcca	gcctcgcaaa	tcggcgaaaa	cgcctgattt	tacgcgagtt	tcccacagat	2640
gatgtggaca	agcctgggga	taagtgcctt	gcggtattga	cacttgaggg	gcgcgactac	2700
tgacagatga	ggggcgcgat	ccttgacact	tgaggggcag	agtgcctgaca	gatgaggggc	2760
gcacctattg	acatttgagg	ggctgtccac	aggcagaaaa	tccagcattt	gcaagggttt	2820
ccgcccgttt	ttcgccacc	gctaacctgt	cttttaacct	gcttttaaac	caatatattat	2880
aaaccttggt	tttaaccagg	gctgcgccct	gtgcgcgtga	ccgcgcacgc	cgaagggggg	2940
tgccccccct	tctcgaaacc	tcccggcccc	ctaaccgggg	cctcccatcc	ccccaggggc	3000
tgcgccccct	ggccgcgaac	ggcctcacc	caaaaatggc	agcgctggca	gtccttgcca	3060
ttgcccggat	cggggcagta	acgggatggg	cgatcagccc	gagcgcgacg	cccgggaagca	3120
ttgacgtgcc	gcaggtgctg	gcacgcacat	tcagcgacca	ggtgccgggc	agtgagggcg	3180

gcggcctggg	tggcggcctg	cccttcactt	cgggcgtcgg	ggcattcacg	gacttcatgg	3240
cggggcccggc	aattttttacc	ttgggcattc	ttggcatagt	ggtcgcgggt	gccgtgctcg	3300
tgttcggggg	tgcgataaac	ccagcgaacc	atttgagggt	ataggtaaga	ttataccgag	3360
gtatgaaaac	gagaattgga	cctttacaga	attactctat	gaagcgccat	atttaaaaag	3420
ctaccaagac	gaagaggatg	aagaggatga	ggaggcagat	tgccttgaat	atattgacaa	3480
tactgataag	ataatataat	ttttatatag	aagatatcgc	cgtatgtaag	gatttcaggg	3540
ggcaaggcat	aggcagcgcg	cttatcaata	tatctataga	atgggcaaag	cataaaaact	3600
tgcattggact	aatgcttgaa	acccaggaca	ataaccttat	agcttgtaaa	ttctatcata	3660
attgggtaat	gactccaact	tattgatagt	gttttatgtt	cagataatgc	ccgatgactt	3720
tgtcatgcag	ctccaccgat	tttgagaacg	acagcgactt	ccgtcccagc	cgtgccaggt	3780
gctgcctcag	attcagggtta	tgccgctcaa	ttcgcgtcgt	atatcgcttg	ctgattacgt	3840
gcagctttcc	cttcaggcgg	gattcataca	gcggccagcc	atccgtcatc	catatcacca	3900
cgtcaaaggg	tgacagcagg	ctcataagac	gccccagcgt	cgccatagtg	cgttcaccga	3960
atacgtgcgc	aacaaccgtc	ttccggagac	tgtcatacgc	gtaaaacagc	cagcgctggc	4020
gcgatttagc	cccagacatag	ccccactgtt	cgtccatttc	cgcgagacg	atgacgtcac	4080
tgcccggtcg	tatgcgcgag	gttaccgact	gcggcctgag	ttttttaagt	gacgtaaaat	4140
cgtgttgagg	ccaacgcca	taatgcgggc	tggtgccgg	catccaacgc	cattcatggc	4200
catatcaatg	attttctggt	gcgtaccggg	ttgagaagcg	gtgtaagtga	actgcagttg	4260
ccatgtttta	cggcagttag	agcagagata	gcgtgatgt	ccggcggtgc	ttttgccgtt	4320
acgcaccacc	ccgtcagtag	ctgaacagga	gggacagctg	atagacacag	aagccactgg	4380
agcacctcaa	aaacaccatc	atacactaaa	tcagtaagtt	ggcagcatca	cccataattg	4440
tggtttcaaa	atcggtcccg	tcgatactat	gttatacgcc	aactttgaaa	acaactttga	4500
aaaagctggt	ttctggtatt	taagggttta	gaatgcaagg	aacagtgaat	tggagttcgt	4560
cttggtataa	ttagcttctt	gggggtatctt	taaatactgt	agaaaagagg	aaggaaataa	4620
taaatggcta	aaatgagaat	atcaccggaa	ttgaaaaaac	tgatcgaaaa	ataccgctgc	4680
gtaaaagata	cggaaggaat	gtctcctgct	aaggatatata	agctggtggg	agaaaatgaa	4740
aacctatatt	taaaaatgac	ggacagccgg	tataaaggga	ccacctatga	tgtggaacgg	4800
gaaaaggaca	tgatgctatg	gctggaagga	aagctgcctg	ttccaaaggt	cctgcacttt	4860
gaacggcatg	atggctggag	caatctgctc	atgagttagg	ccgatggcgt	cctttgctcg	4920
gaagagtatg	aagatgaaca	aagccctgaa	aagattatcg	agctgtatgc	ggagtgcac	4980
aggctctttc	actccatcga	catatcggat	tgtccctata	cgaatagctt	agacagccgc	5040
ttagccgaat	tggattactt	actgaataac	gatctggccg	atgtggattg	cgaaaactgg	5100
gaagaagaca	ctccatttaa	agatccgcgc	gagctgtatg	attttttaaa	gacggaaaag	5160
cccgaagagg	aacttgtctt	ttcccacggc	gacctgggag	acagcaacat	ctttgtgaaa	5220
gatggcaaag	taagtggctt	tattgatctt	gggagaagcg	gcagggcgga	caagtggat	5280
gacattgcct	tctgcgtccg	gtcgatcagg	gaggatatcg	gggaagaaca	gtatgtcgag	5340
ctattttttg	acttactggg	gatcaagcct	gattgggaga	aaataaaata	ttatatttta	5400
ctggatgaat	tgtttttagta	cctagatgtg	gcgcaacgat	gccggcgaca	agcaggagcg	5460
caccgacttc	ttccgcatca	agtgttttgg	ctctcaggcc	gaggccacg	gcaagtattt	5520
gggcaagggg	tcgctggtat	tcgtgcaggg	caagattcgg	aataccaagt	acgagaagga	5580
cggccagacg	gtctacggga	ccgacttcat	tgccgataag	gtggattatc	tggacaccaa	5640
ggcaccaggc	gggtcaaata	aggaataagg	gcacattgcc	ccggcgtag	tcggggcaat	5700
cccgaagga	gggtgaatga	atcggaaggt	tgaccggaag	gcatacaggc	aagaactgat	5760
cgacgcgggg	ttttccggcg	aggatgccga	aacctcgca	agccgcaccg	tcatgcgtgc	5820
gccccgcgaa	accttccagt	ccgtcggttc	gatggtccag	caagctacgg	ccaagatcga	5880
gcgcgacagc	gtgcaactgg	ctccccctgc	cctgcccgcg	ccatcgcccg	ccgtggagcg	5940
ttcgcgtcgt	ctcgaacagg	aggcggcagg	tttggcgagg	tcgatgacca	tcgacacgcg	6000
aggaactatg	acgaccaaga	agcgaaaaac	cgccggcgag	gacctggcaa	aacaggtcag	6060

cgaggccaag	caggcccggt	tgctgaaaca	cacgaagcag	cagatcaagg	aatgcagct	6120
ttccttggtc	gatattgcgc	cgtggccgga	cacgatgcga	gcgatgccaa	acgacacggc	6180
ccgctctgcc	ctgttcacca	cgcgcaacaa	gaaaatcccg	cgcgagggcg	tgcaaaacaa	6240
ggtcattttc	cacgtcaaca	aggacgtgaa	gatcacctac	accggcgctc	agctgcgggc	6300
cgacgatgac	gaactgggtg	ggcagcaggt	gttggagtag	gcgaagcgca	cccctatcgg	6360
cgagccgatc	accttcacgt	tctacgagct	ttgccaggac	ctgggctggg	cgatcaatgg	6420
ccggtattac	acgaaggccg	aggaatgcct	gtcgcgccta	caggcgacgg	cgatgggctt	6480
cacgtccgac	cgcgttgggc	acctggaatc	ggtgtcgctg	ctgcaccgct	tccgcgtcct	6540
ggaccgtggc	aagaaaacgt	cccgttgcca	ggtcctgatc	gacgaggaaa	tcgtcgtgct	6600
gtttgctggc	gaccactaca	cgaaattcat	atgggagaag	taccgcaagc	tgctgcggac	6660
ggcccagcgg	atgttcgact	atttcagctc	gcaccgggag	ccgtaccgcg	tcaagctgga	6720
aaccttccgc	ctcatgtgcg	gatcggatcc	caccgcgctg	aagaagtggc	gcgagcaggt	6780
cggcgaagcc	tgcaagagt	tgcgaggcag	cggcctgggtg	gaacacgcct	gggtcaatga	6840
tgacctgggtg	cattgcaaac	gctagggcct	tgtggggtag	gttccggctg	ggggttcagc	6900
agccagcgct	ttactggcat	ttcaggaaca	agcgggcact	gctcgacgca	cttgcttcgc	6960
tcagtatcgc	tcgggacgca	cggcgcgctc	tacgaactgc	cgataaacag	aggattaaaa	7020
ttgacaattg	tgattaaggc	tcagattcga	cggcttggag	cggccgacgt	gcaggatttc	7080
cgcgagatcc	gattgtcggc	cctgaagaaa	gctccagaga	tggtcgggtc	cgtttacgag	7140
cacgaggaga	aaaagcccat	ggaggcgctt	gctgaacggt	tgcgagatgc	cgtggcattc	7200
ggcgccata	tcgacggcga	gatcattggg	ctgtcggtct	tcaaacagga	ggacggcccc	7260
aaggacgctc	acaaggcgca	tctgtccggc	gttttcgtgg	agcccgaaca	gcgaggccga	7320
ggggtcgccc	gtatgtgct	gcgggcgttg	ccggcggggt	tattgctcgt	gatgatcgtc	7380
cgacagatcc	caacgggaat	ctggtggatg	cgcattctca	tcctcggcgc	acttaattatt	7440
tcgctattct	ggagcttggt	gtttatttcg	gtctaccgcc	tgccggggcg	ggtcgcggcg	7500
acggtagggc	ctgtgcagcc	gctgatggtc	gtgttcattc	ctgccgctct	gctaggtagc	7560
ccgatacgat	tgatggcggt	cctggggggt	atttgcgga	ctgcggggcg	ggcgctggtg	7620
gtgttgacac	caaacgcagc	gctagatcct	gtcggcgctc	cagcgggcct	ggcggggggc	7680
gtttccatgg	cgttcgggaac	cgtgctgacc	cgcaagtggc	aacctcccg	gcctctgctc	7740
acctttaccg	cctggcaact	ggcggccgga	ggacttctgc	tcgttccagt	agcttttagt	7800
tttgatccgc	caatcccgat	gcctacagga	accaatgttc	tcggcctggc	gtggctcggc	7860
ctgatcggag	cgggtttaac	ctacttcctt	tggttccggg	ggatctcgcg	actcgaacct	7920
acagttgttt	ccttactggg	ctttctcagc	cccagatctg	gggtcgatca	gccggggatg	7980
catcaggccg	acagtcgga	cttcgggtcc	ccgacctgta	ccattcgggtg	agcaatggat	8040
aggggagttg	atatcgtcaa	cgttcacttc	taaagaaata	gcgccactca	gcttcctcag	8100
cggctttatc	cagcgatttc	ctattatgtc	ggcatagttc	tcaagatcga	cagcctgtca	8160
cggttaagcg	agaaatgaat	aagaaggctg	ataattcgga	tctctgcgag	ggagatgata	8220
tttgatcaca	ggcagcaacg	ctctgtcatc	gttacaatca	acatgctacc	ctccgcgaga	8280
tcacccgtgt	ttcaaaccgc	gcagcttagt	tgccgttctt	ccgaatagca	tcggtaacat	8340
gagcaaagtc	tgccgcctta	caacggctct	cccgtgacg	ccgtcccggg	ctgatgggct	8400
gcctgtatcg	agtgggtgatt	ttgtgccgag	ctgccggctg	gggagctggt	ggctggctgg	8460
tggcaggata	tattgtgggtg	taaacaaatt	gacgcttaga	caacttaata	acacattgctg	8520
gacgttttta	atgtactggg	gtgggttttt	ttttcaccag	tgagacgggc	aacagctgat	8580
tgcccttcac	cgcctggccc	tgagagagtt	gcagcaagcg	gtccacgctg	gtttgcccc	8640
gcaggcgaaa	atcctgtttg	atggtgggtc	cgaatccggc	aaaatccctt	ataaatcaaa	8700
agaatagccc	gagatagggt	tgagtgttgt	tccagtttgg	aacaagagtc	cactattaaa	8760
gaacgtggac	tccaacgtca	aagggcgaaa	aaccgtctat	caggggcgatg	gcccactacg	8820
tgaaccatca	cccaaataca	gttttttggg	gtcgaggtgc	cgtaaagcac	taaatcgga	8880
ccctaaaggg	agcccccgat	ttagagcttg	acggggaaaag	ccggcgaaacg	tggcgagaaa	8940

ggaaggggaag	aaagcgaaaag	gagcggggcgc	cattcaggct	gcgcaactgt	tgggaagggc	9000
gatcgggtgcg	ggcctcttcg	ctattacgcc	agctggcgaa	agggggatgt	gctgcaaggc	9060
gattaagttg	ggtaacgcca	gggttttccc	agtcacgacg	ttgtaaaacg	acggccagtg	9120
aattaattcc	catcttgaaa	gaaatatagt	ttaaatat	attgataaaa	taacaagtca	9180
ggtattatag	tccaagcaaa	aacataaatt	tattgatgca	agtttaaatt	cagaaatatt	9240
tcaataactg	attatatcag	ctgggtacatt	gccgtagatg	aaagactgag	tgcgatatta	9300
tgtgtaatac	ataaattgat	gatatagcta	gcttagctca	tcgggggatc	cgtcgaagct	9360
agcttgggtc	ccgctcagaa	gaactcgtca	agaaggcgat	agaaggcgat	gcgctgcgaa	9420
tcgggagcgg	cgataccgta	aagcacgagg	aagcggtcag	cccattcgcc	gccaaagctc	9480
tcagcaatat	cacgggtagc	caacgctatg	tcctgatagc	ggtcgccccac	accagccggg	9540
ccacagtcga	tgaatccaga	aaagcggcca	ttttccacca	tgatattcgg	caagcaggca	9600
tcgccatggg	tcacgacgag	atcctcgccg	tcgggcatgc	gcgccttgag	cctggcgaa	9660
agttcggctg	gcgcgagccc	ctgatgctct	tcgtccagat	catcctgatc	gacaagaccg	9720
gcttccatcc	gagtacgtgc	tcgctcgatg	cgatgtttcg	cttgggtggtc	gaatgggcag	9780
gtagccggat	caagcgtatg	cagccgcccgc	attgcatcag	ccatgatgga	tactttctcg	9840
gcaggagcaa	ggtgagatga	caggagatcc	tgccccggca	cttcgcccac	tagcagccag	9900
tcccttcccg	cttcagtgac	aacgtcgagc	acagctgccc	aaggaaacgc	cgtcgtggcc	9960
agccacgata	gccgcgctgc	ctcgtcctgc	agttcattca	gggcaccgga	caggtcgggtc	10020
ttgacaaaaa	gaaccggggc	cccctgcgct	gacagccgga	acacggcggc	atcagagcag	10080
ccgattgtct	gttgtgcccc	gtcatagccg	aatagcctct	ccaccacaag	ggccggagaa	10140
cctgcgtgca	atccatcttg	ttcaatccaa	gctcccatgg	gccctcgact	agagtcgaga	10200
tctggattga	gagtgaatat	gagactctaa	ttggataacc	aggggaattt	atggaacgtc	10260
agtggagcat	ttttgacaag	aaatatattg	tagctgatag	tgaccttagg	cgacttttga	10320
acgcgcaata	atggtttctg	acgtatgtgc	ttagctcatt	aaactccaga	aaccgcgggc	10380
tgagtggctc	cttcaacggt	gcggttctgt	cagttccaaa	cgtaaaacgg	cttgtcccgc	10440
gtcatcgccg	ggggtcataa	cgtgactccc	ttaattctcc	gctcatgata	ttgatccctt	10500
gcgccatcag	atccttggcg	gcaagaaagc	catccagttt	actttgcagg	gcttcccac	10560
cttaccagag	ggcgccccag	ctggcaattc	cggttcgctt	gctgtccata	aaaccgccc	10620
gtctagctat	cgccatgtaa	gccactgca	agctacctgc	tttctctttg	cgcttgcggt	10680
ttcccttgtc	cagatagccc	agtagctgac	attcatccgg	ggtcagcacc	gtttctgcgg	10740
actggctttc	tacgtgttcc	gcttccttta	gcagcccttg	cgccctgagt	gcttgccgca	10800
gcgtgaagct	tgcatgcctg	caggtcgacg	gcgcgcccag	ctcctcgagc	aaatttacac	10860
attgccacta	aacgtctaaa	cccttgtaat	ttgtttttgt	tttactatgt	gtgttatgta	10920
tttgatttgc	gataaatttt	tatatgtgtg	actaaattta	taacaccttt	tatgctaacg	10980
tttgccaaca	cttagcaatt	tgcaagttga	ttaattgatt	ctaaattatt	tttgtcttct	11040
aaatacatat	actaatcaac	tggaatgtga	aatatttgct	aatatttcta	ctataggaga	11100
attaaagtga	gtgaatatgg	taccacaagg	tttgagagatt	taattgttgc	aatgctgcat	11160
ggatggcata	tacaccaaac	attcaataat	tcttgaggat	aataatggta	ccacacaaga	11220
tttgaggtgc	atgaacgtca	cgtggacaaa	aggttttagta	atttttcaag	acaacaatgt	11280
taccacacac	aagttttgag	gtgcatgcat	ggatgccctg	tggaagttt	aaaaatattt	11340
tggaaatgat	ttgcatggaa	gccatgtgta	aaaccatgac	atccacttgg	aggatgcaat	11400
aatgaagaaa	actacaaatt	tacatgcaac	tagttatgca	tgtagtctat	ataatgagga	11460
ttttgcaata	ctttcattca	tacacactca	ctaagtttta	cacgattata	atcttctcat	11520
agccagccca	ccgcgggtggg	cgccgcgctg	cagtctagaa	ggcctcctgc	tttaatgaga	11580
tatgcgagac	gcctatgatc	gcatgatatt	tgctttcaat	tctgttggtc	acgttgtaaa	11640
aaacctgagc	atgtgtagct	cagatcctta	ccgcgggttt	cggttcattc	taatgaatat	11700
atcaccctgt	actatcgtat	ttttatgaat	aatattctcc	gttcaattta	ctgattgtcc	11760
gtcgagcaaa	tttacacatt	gccactaaac	gtctaaaccc	ttgtaatttg	tttttgtttt	11820

118

actatgtgtg ttatgtattt gatttgcgat aaatTTTTat atttgggtact aaatttataa 11880
caccttttat gctaacgttt gccaacactt agcaatttgc aagttgatta attgattcta 11940
aattatTTTT gtcttctaaa tacatatact aatcaactgg aaatgtaaat atttgctaata 12000
atttctacta taggagaatt aaagtgagtg aatatggtac cacaaggttt ggagatttaa 12060
ttgttgcaat gctgcatgga tggcatatac accaaacatt caataattct tgaggataat 12120
aatggtacca cacaagatTT gaggtgcatg aacgtcacgt ggacaaaagg tttagtaatt 12180
tttcaagaca acaatgttac cacacacaag ttttgagggtg catgcatgga tgccctgtgg 12240
aaagtttaaa aatatttttg aaatgatttg catggaagcc atgtgtaaaa ccatgacatc 12300
cacttgaggg atgcaataat gaagaaaact acaaattttac atgcaactag ttatgcatgt 12360
agtctatata atgaggattt tgcaatactt tcattcatac aactcacta agttttacac 12420
gattataaatt tcttcatagc cagcggatcc gatatcgggc ccgctagcgt taaccctgct 12480
ttaatgagat atgcgagacg cctatgatcg catgatattt gctttcaatt ctgttgtgca 12540
cgttgtaaaa aacctgagca tgtgtagctc agatccttac cgccggtttc gggttcattct 12600
aatgaatata tccccgtta ctatcgtatt tttatgaata atattctccg ttcaatttac 12660
tgattgtccg tcgagcaaat ttacacattg ccactaaacg tctaaaccct tgtaatttgt 12720
ttttgtttta ctatgtgtgt tatgtatttg atttgcgata aatTTTTata tttggtacta 12780
aatTTataac accttttatg ctaacgtttg ccaacactta gcaatttgca agttgattaa 12840
ttgattctaa attatttttg tcttctaaat acatatacta atcaactgga aatgtaaata 12900
tttgctaata tttctactat aggagaatta aagtgagtg atatggtacc acaaggtttg 12960
gagatttaat tgttgcaatg ctgcatggat ggcataatac ccaaaccattc aataattctt 13020
gaggataata atggtaccac acaagatttg aggtgcatga acgtcacgtg gacaaaagggt 13080
ttagtaattt ttcaagacaa caatgttacc acacacaagt tttgagggtg atgcatggat 13140
gccctgtgga aagtttaaaa atattttgga aatgatttgc atggaagcca tgtgtaaaac 13200
catgacatcc acttgaggga tgcaataatg aagaaaacta caaatttaca tgcaactagt 13260
tatgcatgta gtctatataa tgaggatttt gcaatacttt cattcataca cactcactaa 13320
gttttacacg attataattt cttcatagcc agcagatctg ccggcatcga tcccgggcca 13380
tggcctgctt taatgagata tgcgagacgc ctatgatcgc atgatatttg ctttcaattc 13440
tgttgtgcac gttgtaaaaa acctgagcat gtgtagctca gatccttacc gccggtttcg 13500
gttcattcta atgaatatat caccggttac tatcgtattt ttatgaataa tattctccgt 13560
tcaatttact gattgtccgt cgacgagctc ggcgcgcctc tagaggatcg atgaattcag 13620
atcggtgag tggtccttc aacgttgcggt ttctgtcagt tccaaacgta aaacggcttg 13680
tcccgctca tcggcggggg tcataacgtg actcccttaa ttctccgctc atgatcagat 13740
tgtcgtttcc cgccttcagt ttaaaactatc agtgtttgac aggatatatt ggcgggtaaa 13800
cctaagagaa aagagcggtt attagaataa tcggatattt aaaaggcggt gaaaagggtt 13860
atccttcgtc catttgtatg tgcatgccaa ccacagggtt cccca 13905

<210> 69

<211> 1443

<212> DNA

<213> *Phaeodactylum tricornutum*

<220>

<221> CDS

<222> (9) .. (1442)

<223> Delta-6-Desaturase

<400> 69

gatctaaa atg ggc aaa gga ggg gac gct cgg gcc tcg aag ggc tca acg	50
Met Gly Lys Gly Gly Asp Ala Arg Ala Ser Lys Gly Ser Thr	
1 5 10	
gcg gct cgc aag atc agt tgg cag gaa gtc aag acc cac gcg tct ccg	98
Ala Ala Arg Lys Ile Ser Trp Gln Glu Val Lys Thr His Ala Ser Pro	
15 20 25 30	
gag gac gcc tgg atc att cac tcc aat aag gtc tac gac gtg tcc aac	146
Glu Asp Ala Trp Ile Ile His Ser Asn Lys Val Tyr Asp Val Ser Asn	
35 40 45	
tgg cac gaa cat ccc gga ggc gcc gtc att ttc acg cac gcc ggt gac	194
Trp His Glu His Pro Gly Gly Ala Val Ile Phe Thr His Ala Gly Asp	
50 55 60	
gac atg acg gac att ttc gct gcc ttt cac gca ccc gga tcg cag tcg	242
Asp Met Thr Asp Ile Phe Ala Ala Phe His Ala Pro Gly Ser Gln Ser	
65 70 75	
ctc atg aag aag ttc tac att ggc gaa ttg ctc ccg gaa acc acc ggc	290
Leu Met Lys Lys Phe Tyr Ile Gly Glu Leu Leu Pro Glu Thr Thr Gly	
80 85 90	
aag gag ccg cag caa atc gcc ttt gaa aag ggc tac cgc gat ctg cgc	338
Lys Glu Pro Gln Gln Ile Ala Phe Glu Lys Gly Tyr Arg Asp Leu Arg	
95 100 105 110	
tcc aaa ctc atc atg atg ggc atg ttc aag tcc aac aag tgg ttc tac	386
Ser Lys Leu Ile Met Met Gly Met Phe Lys Ser Asn Lys Trp Phe Tyr	
115 120 125	
gtc tac aag tgc ctc agc aac atg gcc att tgg gcc gcc gcc tgt gct	434
Val Tyr Lys Cys Leu Ser Asn Met Ala Ile Trp Ala Ala Ala Cys Ala	
130 135 140	
ctc gtc ttt tac tcg gac cgc ttc tgg gta cac ctg gcc agc gcc gtc	482
Leu Val Phe Tyr Ser Asp Arg Phe Trp Val His Leu Ala Ser Ala Val	
145 150 155	
atg ctg gga aca ttc ttt cag cag tcg gga tgg ttg gca cac gac ttt	530
Met Leu Gly Thr Phe Phe Gln Gln Ser Gly Trp Leu Ala His Asp Phe	
160 165 170	
ctg cac cac cag gtc ttc acc aag cgc aag cac ggg gat ctc gga gga	578
Leu His His Gln Val Phe Thr Lys Arg Lys His Gly Asp Leu Gly Gly	
175 180 185 190	
ctc ttt tgg ggg aac ctc atg cag ggt tac tcc gta cag tgg tgg aaa	626
Leu Phe Trp Gly Asn Leu Met Gln Gly Tyr Ser Val Gln Trp Trp Lys	
195 200 205	
aac aag cac aac gga cac cac gcc gtc ccc aac ctc cac tgc tcc tcc	674
Asn Lys His Asn Gly His His Ala Val Pro Asn Leu His Cys Ser Ser	
210 215 220	
gca gtc gcg caa gat ggg gac ccg gac atc gat acc atg ccc ctt ctc	722
Ala Val Ala Gln Asp Gly Asp Pro Asp Ile Asp Thr Met Pro Leu Leu	
225 230 235	
gcc tgg tcc gtc cag caa gcc cag tct tac cgg gaa ctc caa gcc gac	770
Ala Trp Ser Val Gln Gln Ala Gln Ser Tyr Arg Glu Leu Gln Ala Asp	

120

240	245	250	
gga aag gat tcg ggt ttg gtc aag ttc atg atc cgt aac caa tcc tac			818
Gly Lys Asp Ser Gly Leu Val Lys Phe Met Ile Arg Asn Gln Ser Tyr			
255	260	265	270
ttt tac ttt ccc atc ttg ttg ctc gcc cgc ctg tcg tgg ttg aac gag			866
Phe Tyr Phe Pro Ile Leu Leu Leu Ala Arg Leu Ser Trp Leu Asn Glu			
275	280	285	
tcc ttc aag tgc gcc ttt ggg ctt gga gct gcg tcg gag aac gct gct			914
Ser Phe Lys Cys Ala Phe Gly Leu Gly Ala Ala Ser Glu Asn Ala Ala			
290	295	300	
ctc gaa ctc aag gcc aag ggt ctt cag tac ccc ctt ttg gaa aag gct			962
Leu Glu Leu Lys Ala Lys Gly Leu Gln Tyr Pro Leu Leu Glu Lys Ala			
305	310	315	
ggc atc ctg ctg cac tac gct tgg atg ctt aca gtt tcg tcc ggc ttt			1010
Gly Ile Leu Leu His Tyr Ala Trp Met Leu Thr Val Ser Ser Gly Phe			
320	325	330	
gga cgc ttc tcg ttc gcg tac acc gca ttt tac ttt cta acc gcg acc			1058
Gly Arg Phe Ser Phe Ala Tyr Thr Ala Phe Tyr Phe Leu Thr Ala Thr			
335	340	345	350
gcg tcc tgt gga ttc ttg ctc gcc att gtc ttt ggc ctc ggc cac aac			1106
Ala Ser Cys Gly Phe Leu Leu Ala Ile Val Phe Gly Leu Gly His Asn			
355	360	365	
ggc atg gcc acc tac aat gcc gac gcc cgt ccg gac ttc tgg aag ctc			1154
Gly Met Ala Thr Tyr Asn Ala Asp Ala Arg Pro Asp Phe Trp Lys Leu			
370	375	380	
caa gtc acc acg act cgc aac gtc acg ggc gga cac ggt ttc ccc caa			1202
Gln Val Thr Thr Thr Arg Asn Val Thr Gly Gly His Gly Phe Pro Gln			
385	390	395	
gcc ttt gtc gac tgg ttc tgt ggt ggc ctc cag tac caa gtc gac cac			1250
Ala Phe Val Asp Trp Phe Cys Gly Gly Leu Gln Tyr Gln Val Asp His			
400	405	410	
cac tta ttc ccc agc ctg ccc cga cac aat ctg gcc aag aca cac gca			1298
His Leu Phe Pro Ser Leu Pro Arg His Asn Leu Ala Lys Thr His Ala			
415	420	425	430
ctg gtc gaa tcg ttc tgc aag gag tgg ggt gtc cag tac cac gaa gcc			1346
Leu Val Glu Ser Phe Cys Lys Glu Trp Gly Val Gln Tyr His Glu Ala			
435	440	445	
gac ctt gtg gac ggg acc atg gaa gtc ttg cac cat ttg ggc agc gtg			1394
Asp Leu Val Asp Gly Thr Met Glu Val Leu His His Leu Gly Ser Val			
450	455	460	
gcc ggc gaa ttc gtc gtg gat ttt gta cgc gat gga ccc gcc atg taa a			1443
Ala Gly Glu Phe Val Val Asp Phe Val Arg Asp Gly Pro Ala Met			
465	470	475	

<210> 70

<211> 477

<212> PRT

121

<213> Phaeodactylum tricornutum

<400> 70

```

Met Gly Lys Gly Gly Asp Ala Arg Ala Ser Lys Gly Ser Thr Ala Ala
1          5          10          15
Arg Lys Ile Ser Trp Gln Glu Val Lys Thr His Ala Ser Pro Glu Asp
20          25          30
Ala Trp Ile Ile His Ser Asn Lys Val Tyr Asp Val Ser Asn Trp His
35          40          45
Glu His Pro Gly Gly Ala Val Ile Phe Thr His Ala Gly Asp Asp Met
50          55          60
Thr Asp Ile Phe Ala Ala Phe His Ala Pro Gly Ser Gln Ser Leu Met
65          70          75          80
Lys Lys Phe Tyr Ile Gly Glu Leu Leu Pro Glu Thr Thr Gly Lys Glu
85          90          95
Pro Gln Gln Ile Ala Phe Glu Lys Gly Tyr Arg Asp Leu Arg Ser Lys
100         105         110
Leu Ile Met Met Gly Met Phe Lys Ser Asn Lys Trp Phe Tyr Val Tyr
115         120         125
Lys Cys Leu Ser Asn Met Ala Ile Trp Ala Ala Ala Cys Ala Leu Val
130         135         140
Phe Tyr Ser Asp Arg Phe Trp Val His Leu Ala Ser Ala Val Met Leu
145         150         155         160
Gly Thr Phe Phe Gln Gln Ser Gly Trp Leu Ala His Asp Phe Leu His
165         170         175
His Gln Val Phe Thr Lys Arg Lys His Gly Asp Leu Gly Gly Leu Phe
180         185         190
Trp Gly Asn Leu Met Gln Gly Tyr Ser Val Gln Trp Trp Lys Asn Lys
195         200         205
His Asn Gly His His Ala Val Pro Asn Leu His Cys Ser Ser Ala Val
210         215         220
Ala Gln Asp Gly Asp Pro Asp Ile Asp Thr Met Pro Leu Leu Ala Trp
225         230         235         240
Ser Val Gln Gln Ala Gln Ser Tyr Arg Glu Leu Gln Ala Asp Gly Lys
245         250         255
Asp Ser Gly Leu Val Lys Phe Met Ile Arg Asn Gln Ser Tyr Phe Tyr
260         265         270
Phe Pro Ile Leu Leu Leu Ala Arg Leu Ser Trp Leu Asn Glu Ser Phe
275         280         285
Lys Cys Ala Phe Gly Leu Gly Ala Ala Ser Glu Asn Ala Ala Leu Glu
290         295         300
Leu Lys Ala Lys Gly Leu Gln Tyr Pro Leu Leu Glu Lys Ala Gly Ile
305         310         315         320
Leu Leu His Tyr Ala Trp Met Leu Thr Val Ser Ser Gly Phe Gly Arg
325         330         335
Phe Ser Phe Ala Tyr Thr Ala Phe Tyr Phe Leu Thr Ala Thr Ala Ser
340         345         350

```

122

Cys Gly Phe Leu Leu Ala Ile Val Phe Gly Leu Gly His Asn Gly Met
355 360 365
Ala Thr Tyr Asn Ala Asp Ala Arg Pro Asp Phe Trp Lys Leu Gln Val
370 375 380
Thr Thr Thr Arg Asn Val Thr Gly Gly His Gly Phe Pro Gln Ala Phe
385 390 395 400
Val Asp Trp Phe Cys Gly Gly Leu Gln Tyr Gln Val Asp His His Leu
405 410 415
Phe Pro Ser Leu Pro Arg His Asn Leu Ala Lys Thr His Ala Leu Val
420 425 430
Glu Ser Phe Cys Lys Glu Trp Gly Val Gln Tyr His Glu Ala Asp Leu
435 440 445
Val Asp Gly Thr Met Glu Val Leu His His Leu Gly Ser Val Ala Gly
450 455 460
Glu Phe Val Val Asp Phe Val Arg Asp Gly Pro Ala Met
465 470 475

<210> 71

<211> 17061

<212> DNA

<213> *Phaeodactylum tricornutum*, *Physcomitrella patens*, *Caenorhabditis elegans*

<220>

<221> CDS

<222> (4554)..(5987)

<223> *Phaeodactylum tricornutum* Delta-6-Desaturase

<220>

<221> CDS

<222> (2805)..(3653)

<223> *Caenorhabditis elegans* LPLAT

<220>

<221> CDS

<222> (1026)..(1898)

<223> *Physcomitrella patens* Delta-6-Elongase

<400> 71

tggggaaccc tgtggttggc atgcacatac aaatggacga aggataaacc ttttcacgcc 60
cttttaataa tccgattatt ctaataaacg ctcttttctc ttaggtttac ccgccaatat 120
atcctgtcaa acactgatag tttaaaactga aggcgggaaa cgacaatctg atcatgagcg 180
gagaattaag ggagtcacgt tatgaccccc gccgatgacg cgggacaagc cgttttacgt 240
ttggaactga cagaaccgca acgttgaagg agccactcag ccgatctgaa ttcacatgatc 300
ctctagaggc ggcgcgagct cctcgagcaa atttacacat tgccactaaa cgtctaaacc 360

123

cttgtaattt	gtttttgttt	tactatgtgt	gttatgtatt	tgatttgcca	taaattttta	420		
tatttggtac	taaatttata	acacctttta	tgctaacgtt	tgccaacact	tagcaatttg	480		
caagttgatt	aattgattct	aaattatttt	tgtcttctaa	atacatatac	taatcaactg	540		
gaaatgtaaa	tatttgctaa	tatttctact	ataggagaat	taaagtgagt	gaatatggta	600		
ccacaagggt	tggagattta	attgttgcaa	tgctgcatgg	atggcatata	caccaaacat	660		
tcaataattc	ttgaggataa	taatgggtacc	acacaagatt	tgaggtgcat	gaacgtcacg	720		
tggacaaaag	gttttagtaat	ttttcaagac	aacaatgtta	ccacacacaa	gttttgaggt	780		
gcatgcatgg	atgccctgtg	gaaagtttaa	aaatattttg	gaaatgattt	gcatggaagc	840		
catgtgtaaa	accatgacat	ccacttgagg	gatgcaataa	tgaagaaaac	tacaaattta	900		
catgcaacta	gttatgcatg	tagtctatat	aatgaggatt	ttgcaatact	ttcattcata	960		
cacactcact	aagttttaca	cgattataat	ttcttcatag	ccagcccacc	gcggtgggcg	1020		
gccgc atg	gag gtc	gtg gag	aga ttc	tac ggt	gag ttg	gat ggg	aag gtc	1070
Met Glu Val Val Glu Arg Phe Tyr Gly Glu Leu Asp Gly Lys Val								
1	5	10	15					
tcg cag	ggc gtg	aat gca	ttg ctg	ggt agt	ttt ggg	gtg gag	ttg acg	1118
Ser Gln	Gly Val	Asn Ala	Leu Leu	Gly Ser	Phe Gly	Val Glu	Leu Thr	
20	25	30						
gat acg	ccc act	acc aaa	ggc ttg	ccc ctc	gtt gac	agt ccc	aca ccc	1166
Asp Thr	Pro Thr	Lys Thr	Gly Leu	Pro Leu	Val Asp	Ser Pro	Thr Pro	
35	40	45						
atc gtc	ctc ggt	gtt tct	gta tac	ttg act	att gtc	att gga	ggg ctt	1214
Ile Val	Leu Gly	Val Ser	Val Tyr	Leu Thr	Ile Val	Ile Gly	Gly Leu	
50	55	60						
ttg tgg	ata aag	gcc agg	gat ctg	aaa ccg	cgc gcc	tcg gag	cca ttt	1262
Leu Trp	Ile Lys	Ala Arg	Asp Leu	Lys Pro	Arg Ala	Ser Glu	Pro Phe	
65	70	75						
ttg ctc	caa gct	ttg gtg	ctt gtg	cac aac	ctg ttc	tgt ttt	gcg ctc	1310
Leu Leu	Gln Ala	Leu Val	Leu Val	His Asn	Leu Phe	Cys Phe	Ala Leu	
80	85	90	95					
agt ctg	tat atg	tgc gtg	ggc atc	gct tat	cag gct	att acc	tgg cgg	1358
Ser Leu	Tyr Met	Cys Val	Gly Ile	Ala Tyr	Gln Ala	Ile Thr	Trp Arg	
100	105	110						
tac tct	ctc tgg	ggc aat	gca tac	aat cct	aaa cat	aaa gag	atg gcg	1406
Tyr Ser	Leu Trp	Gly Asn	Ala Tyr	Asn Pro	Lys His	Lys Glu	Met Ala	
115	120	125						
att ctg	gta tac	ttg ttc	tac atg	tct aag	tac gtg	gaa ttc	atg gat	1454
Ile Leu	Val Tyr	Leu Phe	Tyr Met	Ser Lys	Tyr Val	Glu Phe	Met Asp	
130	135	140						
acc gtt	atc atg	ata ctg	aag cgc	agc acc	agg caa	ata agc	ttc ctc	1502
Thr Val	Ile Met	Ile Leu	Lys Arg	Ser Thr	Arg Gln	Ile Ser	Phe Leu	
145	150	155						
cac gtt	tat cat	cat tct	tca att	tcc ctc	att tgg	tgg gct	att gct	1550
His Val	Tyr His	His Ser	Ser Ile	Ser Leu	Ile Trp	Trp Ala	Ile Ala	
160	165	170	175					
cat cac	gct cct	ggc ggt	gaa gca	tat tgg	tct gcg	gct ctg	aac tca	1598
His His	Ala Pro	Gly Gly	Glu Ala	Tyr Trp	Ser Ala	Ala Leu	Asn Ser	
180	185	190						
gga gtg	cat gtt	ctc atg	tat gcg	tat tac	ttc ttg	gct gcc	tgc ctt	1646

124

Gly Val His Val Leu Met Tyr Ala Tyr Tyr Phe Leu Ala Ala Cys Leu
 195 200 205
 cga agt agc cca aag tta aaa aat aag tac ctt ttt tgg ggc agg tac 1694
 Arg Ser Ser Pro Lys Leu Lys Asn Lys Tyr Leu Phe Trp Gly Arg Tyr
 210 215 220
 ttg aca caa ttc caa atg ttc cag ttt atg ctg aac tta gtg cag gct 1742
 Leu Thr Gln Phe Gln Met Phe Gln Phe Met Leu Asn Leu Val Gln Ala
 225 230 235
 tac tac gac atg aaa acg aat gcg cca tat cca caa tgg ctg atc aag 1790
 Tyr Tyr Asp Met Lys Thr Asn Ala Pro Tyr Pro Gln Trp Leu Ile Lys
 240 245 250 255
 att ttg ttc tac tac atg atc tcg ttg ctg ttt ctt ttc ggc aat ttt 1838
 Ile Leu Phe Tyr Tyr Met Ile Ser Leu Leu Phe Leu Phe Gly Asn Phe
 260 265 270
 tac gta caa aaa tac atc aaa ccc tct gac gga aag caa aag gga gct 1886
 Tyr Val Gln Lys Tyr Ile Lys Pro Ser Asp Gly Lys Gln Lys Gly Ala
 275 280 285
 aaa act gag tga tctagaaggc ctcctgcttt aatgagatat gcgagacgcc 1938
 Lys Thr Glu
 290
 tatgatcgca tgatatttgc tttcaattct gttgtgcacg ttgtaaaaaa cctgagcatg 1998
 tgtagctcag atccttaccg ccggtttcgg ttcattctaa tgaatatatc acccggtact 2058
 atcgatatttt tatgaataat attctccgtt caatttactg attgtccgtc gagcaaattt 2118
 acacattgcc actaaacgtc taaacccttg taatttgttt ttgttttact atgtgtgtta 2178
 tgtatttgat ttgcgataaa tttttatatt tggactaaaa tttataacac cttttatgct 2238
 aacgtttgcc aacacttagc aatttgcaag ttgattaatt gattctaaat tatttttgct 2298
 ttctaaatac atatactaat caactggaaa tgtaaatatt tgctaataat tctactatag 2358
 gagaattaaa gtgagtgaat atgggtaccac aagggttgga gatttaattg ttgcaatgct 2418
 gcatggatgg catatacacc aaacattcaa taattcttga ggataataat ggtaccacac 2478
 aagatttgag. gtgcatgaac gtcacgtgga caaaagggtt agtaattttt caagacaaca 2538
 atgttaccac acacaagttt tgaggtgcat gcatggatgc cctgtggaaa gtttaaaaaat 2598
 attttggaat tgatttgcat ggaagccatg tgtaaaacca tgacatccac ttggaggatg 2658
 caataatgaa gaaaactaca aatttacatg caactagtta tgcatgtagt ctatataatg 2718
 aggattttgc aatactttca ttcatacaca ctcactaagt tttacacgat tataatttct 2778
 tcatagccag cggatccgcc cacata atg gag aac ttc tgg tct att gtt gtg 2831
 Met Glu Asn Phe Trp Ser Ile Val Val
 295
 ttt ttt cta ctc tca att ctc ttc att tta tat aac ata tcg aca gta 2879
 Phe Phe Leu Leu Ser Ile Leu Phe Ile Leu Tyr Asn Ile Ser Thr Val
 300 305 310 315
 tgc cac tac tat atg cgg att tcg ttt tat tac ttc aca att tta ttg 2927
 Cys His Tyr Tyr Met Arg Ile Ser Phe Tyr Tyr Phe Thr Ile Leu Leu
 320 325 330
 cat gga atg gaa gtt tgt gtt aca atg atc cct tct tgg cta aat ggg 2975
 His Gly Met Glu Val Cys Val Thr Met Ile Pro Ser Trp Leu Asn Gly
 335 340 345
 aag ggt gct gat tac gtg ttt cac tcg ttt ttc tat tgg tgt aaa tgg 3023
 Lys Gly Ala Asp Tyr Val Phe His Ser Phe Phe Tyr Trp Cys Lys Trp

125

350	355	360	
act ggt gtt cat aca aca gtc tat gga tat gaa aaa aca caa gtt gaa			3071
Thr Gly Val His Thr Thr Val Tyr Gly Tyr Glu Lys Thr Gln Val Glu			
365	370	375	
ggt ccg gct gta gtt att tgt aat cat cag agt tct ctc gac att cta			3119
Gly Pro Ala Val Val Ile Cys Asn His Gln Ser Ser Leu Asp Ile Leu			
380	385	390	395
tcg atg gca tca atc tgg ccg aag aat tgt gtt gta atg atg aaa cga			3167
Ser Met Ala Ser Ile Trp Pro Lys Asn Cys Val Val Met Met Lys Arg			
400	405	410	
att ctt gcc tat gtt cca ttc ttc aat ctc gga gcc tac ttt tcc aac			3215
Ile Leu Ala Tyr Val Pro Phe Phe Asn Leu Gly Ala Tyr Phe Ser Asn			
415	420	425	
aca atc ttc atc gat cga tat aac cgt gaa cgt gcg atg gct tca gtt			3263
Thr Ile Phe Ile Asp Arg Tyr Asn Arg Glu Arg Ala Met Ala Ser Val			
430	435	440	
gat tat tgt gca tct gaa atg aag aac aga aat ctt aaa ctt tgg gta			3311
Asp Tyr Cys Ala Ser Glu Met Lys Asn Arg Asn Leu Lys Leu Trp Val			
445	450	455	
ttt ccg gaa gga aca aga aat cgt gaa gga ggg ttc att cca ttc aag			3359
Phe Pro Glu Gly Thr Arg Asn Arg Glu Gly Gly Phe Ile Pro Phe Lys			
460	465	470	475
aaa gga gca ttc aat att gca gtt cgt gcg cag att ccc att att cca			3407
Lys Gly Ala Phe Asn Ile Ala Val Arg Ala Gln Ile Pro Ile Ile Pro			
480	485	490	
gtt gta ttc tca gac tat cgg gat ttc tac tca aag cca ggc cga tat			3455
Val Val Phe Ser Asp Tyr Arg Asp Phe Tyr Ser Lys Pro Gly Arg Tyr			
495	500	505	
ttc aag aat gat gga gaa gtt gtt att cga gtt ctg gat gcg att cca			3503
Phe Lys Asn Asp Gly Glu Val Val Ile Arg Val Leu Asp Ala Ile Pro			
510	515	520	
aca aaa ggg ctc act ctt gat gac gtc agc gag ttg tct gat atg tgt			3551
Thr Lys Gly Leu Thr Leu Asp Asp Val Ser Glu Leu Ser Asp Met Cys			
525	530	535	
cgg gac gtt atg ttg gca gcc tat aag gaa gtt act cta gaa gct cag			3599
Arg Asp Val Met Leu Ala Ala Tyr Lys Glu Val Thr Leu Glu Ala Gln			
540	545	550	555
caa cga aat gcg aca cgg cgt gga gaa aca aaa gac ggg aag aaa tct			3647
Gln Arg Asn Ala Thr Arg Arg Gly Glu Thr Lys Asp Gly Lys Lys Ser			
560	565	570	
gag taa gctagcgtaa accctgcttt aatgagatat gcgagacgcc tatgatcgca			3703
Glu			
tgatatttgc tttcaattct gttgtgcacg ttgtaaaaaa cctgagcatg tgtagctcag			3763
atccttaccg ccggtttcgg ttcatcttaa tgaatatatc acccgttact atcgtatttt			3823
tatgaataat attctcogtt caatttactg attgtccgtc gagcaaattt acacattgcc			3883
actaaacgtc taaacccttg taatttgttt ttgttttact atgtgtgtta tgtatttgat			3943
ttgcgataaa tttttatatt tgggtactaaa tttataacac cttttatgct aacgtttgac			4003

126

```

aacacttagc aatttgcaag ttgattaatt gattctaaat tatttttgtc ttctaaatac 4063
atatactaata caactggaaa tgtaaatatt tgctaataatt tctactatag gagaattaaa 4123
gtgagtgaat atggtaccac aagggttgga gatttaattg ttgcaatgct gcatggatgg 4183
catatacacc aaacattcaa taattcttga ggataataat ggtaccacac aagatttgag 4243
gtgcatgaac gtcacgtgga caaaagggtt agtaattttt caagacaaca atgttaccac 4303
acacaagttt tgagggtgcat gcatggatgc cctgtggaaa gtttaaaaaat attttgga 4363
tgatttgcat ggaagccatg tgtaaaacca tgacatccac ttggaggatg caataatgaa 4423
gaaaactaca aatttaccatg caactagtta tgcatgtagt ctatataatg aggattttgc 4483
aatactttca ttcatacaca ctcactaagt ttacacgat tataatttct tcatagccag 4543
cagatctaaa atg ggc aaa gga ggg gac gct cgg gcc tcg aag ggc tca 4592
      Met Gly Lys Gly Gly Asp Ala Arg Ala Ser Lys Gly Ser
                575                580                585
acg gcg gct cgc aag atc agt tgg cag gaa gtc aag acc cac gcg tct 4640
Thr Ala Ala Arg Lys Ile Ser Trp Gln Glu Val Lys Thr His Ala Ser
                590                595                600
ccg gag gac gcc tgg atc att cac tcc aat aag gtc tac gac gtg tcc 4688
Pro Glu Asp Ala Trp Ile Ile His Ser Asn Lys Val Tyr Asp Val Ser
                605                610                615
aac tgg cac gaa cat ccc gga ggc gcc gtc att ttc acg cac gcc ggt 4736
Asn Trp His Glu His Pro Gly Gly Ala Val Ile Phe Thr His Ala Gly
                620                625                630
gac gac atg acg gac att ttc gct gcc ttt cac gca ccc gga tcg cag 4784
Asp Asp Met Thr Asp Ile Phe Ala Ala Phe His Ala Pro Gly Ser Gln
                635                640                645
tcg ctc atg aag aag ttc tac att ggc gaa ttg ctc ccg gaa acc acc 4832
Ser Leu Met Lys Lys Phe Tyr Ile Gly Glu Leu Leu Pro Glu Thr Thr
                650                655                660                665
ggc aag gag ccg cag caa atc gcc ttt gaa aag ggc tac cgc gat ctg 4880
Gly Lys Glu Pro Gln Gln Ile Ala Phe Glu Lys Gly Tyr Arg Asp Leu
                670                675                680
cgc tcc aaa ctc atc atg atg ggc atg ttc aag tcc aac aag tgg ttc 4928
Arg Ser Lys Leu Ile Met Met Gly Met Phe Lys Ser Asn Lys Trp Phe
                685                690                695
tac gtc tac aag tgc ctc agc aac atg gcc att tgg gcc gcc gcc tgt 4976
Tyr Val Tyr Lys Cys Leu Ser Asn Met Ala Ile Trp Ala Ala Ala Cys
                700                705                710
gct ctc gtc ttt tac tcg gac cgc ttc tgg gta cac ctg gcc agc gcc 5024
Ala Leu Val Phe Tyr Ser Asp Arg Phe Trp Val His Leu Ala Ser Ala
                715                720                725
gtc atg ctg gga aca ttc ttt cag cag tcg gga tgg ttg gca cac gac 5072
Val Met Leu Gly Thr Phe Phe Gln Gln Ser Gly Trp Leu Ala His Asp
                730                735                740                745
ttt ctg cac cac cag gtc ttc acc aag cgc aag cac ggg gat ctc gga 5120
Phe Leu His His Gln Val Phe Thr Lys Arg Lys His Gly Asp Leu Gly
                750                755                760
gga ctc ttt tgg ggg aac ctc atg cag ggt tac tcc gta cag tgg tgg 5168
Gly Leu Phe Trp Gly Asn Leu Met Gln Gly Tyr Ser Val Gln Trp Trp
                765                770                775

```

127

aaa aac aag cac aac gga cac cac gcc gtc ccc aac ctc cac tgc tcc	5216
Lys Asn Lys His Asn Gly His His Ala Val Pro Asn Leu His Cys Ser	
780 785 790	
tcc gca gtc gcg caa gat ggg gac ccg gac atc gat acc atg ccc ctt	5264
Ser Ala Val Ala Gln Asp Gly Asp Pro Asp Ile Asp Thr Met Pro Leu	
795 800 805	
ctc gcc tgg tcc gtc cag caa gcc cag tct tac cgg gaa ctc caa gcc	5312
Leu Ala Trp Ser Val Gln Gln Ala Gln Ser Tyr Arg Glu Leu Gln Ala	
810 815 820 825	
gac gga aag gat tcg ggt ttg gtc aag ttc atg atc cgt aac caa tcc	5360
Asp Gly Lys Asp Ser Gly Leu Val Lys Phe Met Ile Arg Asn Gln Ser	
830 835 840	
tac ttt tac ttt ccc atc ttg ttg ctc gcc cgc ctg tcg tgg ttg aac	5408
Tyr Phe Tyr Phe Pro Ile Leu Leu Leu Ala Arg Leu Ser Trp Leu Asn	
845 850 855	
gag tcc ttc aag tgc gcc ttt ggg ctt gga gct gcg tcg gag aac gct	5456
Glu Ser Phe Lys Cys Ala Phe Gly Leu Gly Ala Ala Ser Glu Asn Ala	
860 865 870	
gct ctc gaa ctc aag gcc aag ggt ctt cag tac ccc ctt ttg gaa aag	5504
Ala Leu Glu Leu Lys Ala Lys Gly Leu Gln Tyr Pro Leu Leu Glu Lys	
875 880 885	
gct ggc atc ctg ctg cac tac gct tgg atg ctt aca gtt tcg tcc ggc	5552
Ala Gly Ile Leu Leu His Tyr Ala Trp Met Leu Thr Val Ser Ser Gly	
890 895 900 905	
ttt gga cgc ttc tcg ttc gcg tac acc gca ttt tac ttt cta acc gcg	5600
Phe Gly Arg Phe Ser Phe Ala Tyr Thr Ala Phe Tyr Phe Leu Thr Ala	
910 915 920	
acc gcg tcc tgt gga ttc ttg ctc gcc att gtc ttt ggc ctc ggc cac	5648
Thr Ala Ser Cys Gly Phe Leu Leu Ala Ile Val Phe Gly Leu Gly His	
925 930 935	
aac ggc atg gcc acc tac aat gcc gac gcc cgt ccg gac ttc tgg aag	5696
Asn Gly Met Ala Thr Tyr Asn Ala Asp Ala Arg Pro Asp Phe Trp Lys	
940 945 950	
ctc caa gtc acc acg act cgc aac gtc acg ggc gga cac ggt ttc ccc	5744
Leu Gln Val Thr Thr Thr Arg Asn Val Thr Gly Gly His Gly Phe Pro	
955 960 965	
caa gcc ttt gtc gac tgg ttc tgt ggt ggc ctc cag tac caa gtc gac	5792
Gln Ala Phe Val Asp Trp Phe Cys Gly Gly Leu Gln Tyr Gln Val Asp	
970 975 980 985	
cac cac tta ttc ccc agc ctg ccc cga cac aat ctg gcc aag aca cac	5840
His His Leu Phe Pro Ser Leu Pro Arg His Asn Leu Ala Lys Thr His	
990 995 1000	
gca ctg gtc gaa tcg ttc tgc aag gag tgg ggt gtc cag tac cac	5885
Ala Leu Val Glu Ser Phe Cys Lys Glu Trp Gly Val Gln Tyr His	
1005 1010 1015	
gaa gcc gac ctt gtg gac ggg acc atg gaa gtc ttg cac cat ttg	5930
Glu Ala Asp Leu Val Asp Gly Thr Met Glu Val Leu His His Leu	
1020 1025 1030	

128

ggc agc gtg gcc ggc gaa ttc gtc gtg gat ttt gta cgc gat gga 5975
 Gly Ser Val Ala Gly Glu Phe Val Val Asp Phe Val Arg Asp Gly
 1035 1040 1045
 ccc gcc atg taa agatctgccg gcatcgatcc cgggccatgg cctgctttaa 6027
 Pro Ala Met

tgagatatgc gagacgccta tgatcgcgat atatttgctt tcaattctgt tgtgcacggt 6087
 gtaaaaaacc tgagcatgtg tagctcagat ccttaccgcc ggtttcggtt cattctaagt 6147
 aatatacac ccgttactat cgtattttta tgaataatat tctccgttca atttactgat 6207
 tgtccgtcga cgagctcggc gcgccgtcga cctgcaggca tgcaagcttc acgctgccgc 6267
 aagcactcag ggcgcaaggg ctgctaaagg aagcggaaca cgtagaaagc cagtccgcag 6327
 aaacgggtgct gaccccgat gaatgtcagc tactgggcta tctggacaag ggaaaacgca 6387
 agcgcaaaaga gaaagcaggt agcttgcatg gggcttacat ggcatagct agactgggag 6447
 gttttatgga cagcaagcga accggaattg ccagctgggg cgccctctgg taagggtggg 6507
 aagccctgca aagtaaaactg gatggctttc ttgccgccaa ggatctgatg gcgcagggga 6567
 tcaagatcat gagcggagaa ttaaggaggt cacgttatga ccccgccga tgacgcggga 6627
 caagccgttt tacgtttgga actgacagaa ccgcaacggt gaaggagcca ctcagccgcg 6687
 ggtttctgga gtttaatgag ctaagcacat acgtcagaaa ccattattgc gcgttcaaaa 6747
 gtcgcctaag gtcactatca gctagcaaat atttcttgct aaaaatgctc cactgacgtt 6807
 ccataaatcc cctcgggtat ccaattagag tctcatattc actctcaatc cagatctcga 6867
 ctctagtcga gggcccatgg gagcttggat tgaacaagat ggattgcacg cagggttctcc 6927
 ggccgcttgg gtggagaggc tattcggcta tgactgggca caacagacaa tcggctgctc 6987
 tgatgccgcc gtgttccggc tgtcagcgca ggggcgcccg gttctttttg tcaagaccga 7047
 cctgtccggt gccctgaatg aactgcagga cgaggcagcg cggctatcgt ggctggccac 7107
 gacgggcgtt ccttgccgag ctgtgctcga cgttgtcact gaagcgggaa gggactggct 7167
 gctattgggc gaagtgcgg ggaggtatct cctgtcatct caccttgctc ctgccagaa 7227
 agtatccatc atggctgatg caatgcggcg gctgcatacg ctgatccgg ctacctgcc 7287
 attcgaccac caagcgaaac atcgcatcga gcgagcacgt actcggatgg aagccggtct 7347
 tgtcgatcag gatgatctgg acgaagagca tcaggggctc gcgccagccg aactgttcgc 7407
 caggctcaag gcgcgcagtc ccgacggcga ggatctcgtc gtgacccatg gcgatgcctg 7467
 cttgccgaat atcatggtgg aaaatggccg cttttctgga ttcacgact gtggccggct 7527
 ggggtgtggc gaccgctatc aggacatagc gttggctacc cgtgatattg ctgaagagct 7587
 tggcgccgaa tgggctgacc gcttcctcgt gctttacggt atcgccgctc ccgattcgca 7647
 gcgcacgccc ttctatcgcc ttcttgacga gttcttctga gcgggaccca agctagcttc 7707
 gacggatccc ccgatgagct aagctagcta tatcatcaat ttatgtatta cacataatat 7767
 cgcactcagt ctttcatcta cggcaatgta ccagctgata taatcagtta ttgaaatatt 7827
 tctgaattta aacttgcac aataaattta tgtttttgct tggactataa tacctgactt 7887
 gttattttat caataaatat ttaaactata tttctttcaa gatgggaatt aattcactgg 7947
 ccgtcgtttt acaacgtcgt gactgggaaa accctggcgt taccacaactt aatcgcttg 8007
 cagcacatcc ccttttcgcc agctggcgta atagcgaaga ggcccgacc gatcgccctt 8067
 cccaacagtt gcgcagcctg aatggcgccc gctcctttcg cttcttccc ttctttctc 8127
 gccacgttcg ccggctttcc ccgtcaagct ctaaatcggg ggctcccttt agggttccga 8187
 tttagtgtt tacggcacct cgacccaaa aaacttgatt tgggtgatgg ttcacgtagt 8247
 gggccatcgc cctgatagac ggtttttcgc cctttgacgt tggagtccac gttctttaat 8307
 agtggactct tgttccaaac tggacaaca ctcaacccta tctcgggcta ttcttttgat 8367
 ttataaggga ttttgccgat ttcggaacca ccatcaaaaa ggattttcgc ctgctggggc 8427
 aaaccagcgt ggaccgcttg ctgcaactct ctcagggcca ggcggtgaag ggcaatcagc 8487
 tgttgcccgt ctcactggtg aaaagaaaaa ccaccccgat acattaaaaa cgtccgcaat 8547

129

gtgttattaa	gttgtctaag	cgtcaatttg	tttacaccac	aatatatcct	gccaccagcc	8607
agccaacagc	cccccgaccg	gcagctcggc	acaaaatcac	cactcgatac	aggcagccca	8667
tcagtcgagg	acggcgtcag	cgggagagcc	gttgtaaggc	ggcagacttt	gctcatgtta	8727
ccgatgctat	tcggaagaac	ggcaactaag	ctgccggggt	tgaaacacgg	atgatctcgc	8787
ggagggtagc	atgttgattg	taacgatgac	agagcggttg	tgccctgtgat	caaatatcat	8847
ctccctcgca	gagatccgaa	ttatcagcct	tcttattcat	ttctcgctta	accgtgacag	8907
gctgtcgatc	ttgagaacta	tgccgacata	ataggaaatc	gctggataaa	gccgctgagg	8967
aagctgagtg	gcgctatttc	tttagaagtg	aacgttgacg	atatcaactc	ccctatccat	9027
tgctcaccga	atggtacagg	tcggggaccc	gaagttccga	ctgtcggcct	gatgcatccc	9087
cggctgatcg	accccgatc	tggggctgag	aaagcccagt	aaggaaacaa	ctgtagggttc	9147
gagtcgcgag	atcccccgga	accaaaggaa	gtagggttaa	cccgtccga	tcaggccgag	9207
ccacgccagg	ccgagaacat	tggttcctgt	aggcatcggg	attggcggat	caaactactaa	9267
agctactgga	acgagcagaa	gtcctccggc	cgccagttgc	caggcggtaa	aggtgagcag	9327
aggcacggga	ggttgccact	tgcgggtcag	cacggttccg	aacgccatgg	aaaccgcccc	9387
cgccaggccc	gctgcgacgc	cgacaggatc	tagcgctgcg	tttggtgtca	acaccaacag	9447
cgccacgccc	gcagttccgc	aaatagcccc	caggaccgcc	atcaatcgta	tcgggctacc	9507
tagcagagcg	gcagagatga	acacgaccat	cagcggtgc	acagcgctta	ccgtcgccgc	9567
gaccccgccc	ggcaggcggt	agaccgaaat	aaacaacaag	ctccagaata	gcgaaatatt	9627
aagtgcgccg	aggatgaaga	tgcgcatcca	ccagattccc	gttggaatct	gtcggacgat	9687
catcacgagc	aataaacccg	ccggcaacgc	ccgcagcagc	ataccggcga	cccctcggcc	9747
tcgctgttcg	ggctccacga	aaacgccgga	cagatgcgcc	ttgtgagcgt	ccttggggcc	9807
gtcctcctgt	ttgaagaccg	acagcccaat	gatctcgccg	tcgatgtagg	cgccgaatgc	9867
cacggcatct	cgcaaccggt	cagcgaacgc	ctccatgggc	tttttctcct	cgtgctcgta	9927
aacggacccg	aacatctctg	gagctttctt	cagggccgac	aatcggtatct	cgcggaatc	9987
ctgcacgtcg	gccgctccaa	gccgtcgaat	ctgagcctta	atcacaattg	tcaatttttaa	10047
tcctctgttt	atcggcagtt	cgtagagcgc	gccgtgcgtc	ccgagcgata	ctgagcgaag	10107
caagtgcgtc	gagcagtgcc	cgcttgttcc	tgaaatgcc	gtaaagcgct	ggctgctgaa	10167
ccccagccg	gaactgaccc	cacaaggccc	tagcgtttgc	aatgcaccag	gtcatcattg	10227
acccaggcgt	gttccaccag	gccgctgcct	cgcaactctt	cgcaggcttc	gccgacctgc	10287
tcgcgccact	tcttcacgcg	ggtggaatcc	gatccgcaca	tgaggcgga	ggtttccagc	10347
ttgagcgggt	acggctcccg	gtgcgagctg	aaatagtcga	acatccgtcg	ggcgtcggc	10407
gacagcttgc	ggtacttctc	ccatatgaat	ttcgtgtagt	ggtcgccagc	aaacagcacg	10467
acgatttctt	cgtcgatcag	gacctggcaa	cgggacgttt	tcttgccacg	gtccaggacg	10527
cggaagcggt	gcagcagcga	caccgattcc	aggtgcccaa	cgcggtcgga	cgtgaagccc	10587
atcgccgtcg	cctgtaggcg	cgacaggcat	tcctcggcct	tcgtgtaata	ccggccattg	10647
atcgaccagc	ccaggtcctg	gcaaagctcg	tagaacgtga	aggtgatcgg	ctcgccgata	10707
ggggtgcgct	tcgcgtactc	caacacctgc	tgccacacca	gttcgtcatc	gtcggccccg	10767
agctcgacgc	cgggtgtaggt	gatcttcaag	tccttggtga	cgtggaaaat	gacctgtgtt	10827
tgacgcgct	cgcgcgggat	tttcttggtg	cgcgtggtga	acagggcaga	gcgggcccgtg	10887
tcgtttggca	tcgctcgcat	cgtgtccggc	cacggcgcaa	tatcgaacaa	ggaaagctgc	10947
atcttcctga	tctgctgctt	cgtgtgtttc	agcaacgcgg	cctgcttggc	ctcgtgacc	11007
tgttttgcca	ggtcctcgcc	ggcggttttt	cgttcttggt	tcgtcatagt	tcctcgctg	11067
tcgatggtca	tcgacttcgc	caaacctgcc	gcctcctggt	cgagacgacg	cgaacgctcc	11127
acggcgggccg	atggcgcggg	cagggcaggg	ggagccagtt	gcacgctgtc	gcgctcgatc	11187
ttggccgtag	cttgctggac	catcgagccg	acggactgga	aggtttcgcg	gggcgcacgc	11247
atgacgggtg	ggcttgcgat	ggtttcgcca	tcctcggcgg	aaaacccccg	gtcgatcagt	11307
tcttgctgt	atgccttcgg	gtcaaacgtc	cgattcattc	accctccttg	cgggattgcc	11367
ccgactcacg	ccggggcaat	gtgcccttat	tcctgatttg	accgcgctgg	tgcttggtg	11427

130

tccagataat	ccaccttatac	ggcaatgaag	tccggtcccgt	agaccgtctg	gccgtccttc	11487
tcgtacttgg	tattccgaat	cttgccctgc	acgaatacca	gcgacccctt	gcccacatac	11547
ttgccgtggg	cctcggcctg	agagccaaaa	cacttgatgc	ggaagaagtc	gggtgcgtcc	11607
tgcttgctgc	cggcatcggt	gcgccacatc	taggtactaa	aacaattcat	ccagtaaaat	11667
ataatatattt	atcttctccc	aatcaggctt	gatccccagt	aagtcaaaaa	atagctcgac	11727
atactgttct	tccccgatat	cctccctgat	cgaccggacg	cagaaggcaa	tgtcatacca	11787
cttgctccgc	ctgccgcttc	tcccacgatc	aataaagcca	cttactttgc	catctttcac	11847
aaagatgttg	ctgtctccca	ggtcgccgtg	ggaaaagaca	agttcctctt	cgggcttttc	11907
cgtctttaaa	aaatcataca	gctcgcgcgg	atctttaaat	ggagtgtctt	cttcccagtt	11967
ttcgcaatcc	acatcggcca	gatcgttatt	cagtaagtaa	tccaattcgg	ctaagcggct	12027
gtctaagcta	ttcgatatagg	gacaatccga	tatgtcgtatg	gagtgaaga	gcctgatgca	12087
ctccgcatac	agctcgataa	tcttttcagg	gctttgttca	tcttcatact	cttccgagca	12147
aaggacgcca	tcggcctcac	tcatgagcag	attgtctccag	ccatcatgcc	gttcaaagtg	12207
caggaccttt	ggaacaggca	gctttccttc	cagccatagc	atcatgtcct	tttcccgttc	12267
cacatcatag	gtggctccctt	tataccggct	gtccgtcatt	tttaaataa	ggttttcatt	12327
ttctcccacc	agcttatata	ccttagcagg	agacattcct	tccgtatctt	ttacgcagcg	12387
gtatttttcg	atcagttttt	tcaattccgg	tgatattctc	atcttagcca	tttattattt	12447
ccttcctctt	ttctacagta	tttaaagata	ccccaagaag	ctaattataa	caagacgaac	12507
tccaattcac	tgttccttgc	attctaaaac	cttaaatacc	agaaaacagc	tttttcaaag	12567
ttgttttcaa	agttggcgta	taacatagta	tcgacggagc	cgattttgaa	accacaatta	12627
tgggtgatgc	tgccaactta	ctgatttagt	gtatgatggg	gtttttgagg	tgtccagtg	12687
gcttctgtgt	ctatcagctg	tccctcctgt	tcagctactg	acgggggtgg	gcgtaacggc	12747
aaaagcaccg	ccggacatca	gcgctatctc	tgctctcact	gccgtaaaac	atggcaactg	12807
cagttcactt	acaccgcttc	tcaaccgggt	acgcaccaga	aaatcattga	tatggccatg	12867
aatggcggtg	gatgccgggc	aacagccgcg	attatggggc	ttggcctcaa	cacgatttta	12927
cgtcacttaa	aaaactcagg	ccgcagtcgg	taacctcgcg	catacagccg	ggcagtgacg	12987
tcatcgtctg	cgcggaatg	gacgaacagt	ggggctatgt	cggggctaaa	tcgcgccagc	13047
gctggctggt	ttacgcgtat	gacagtctcc	ggaagacggg	tggtgcgcac	gtattcgggtg	13107
aacgcactat	ggcgacgctg	gggcgtctta	tgagcctgct	gtcacccttt	gacgtggtga	13167
tatggatgac	ggatggctgg	ccgctgtatg	aatcccgcc	gaagggaaag	ctgcacgtaa	13227
tcagcaagcg	atatacgag	cgaattgagc	ggcataacct	gaatctgagg	cagcacctgg	13287
cacggctggg	acggaagtcg	ctgtcgttct	caaaatcggt	ggagctgcat	gacaaagtca	13347
tcgggcatta	tctgaacata	aaacactatc	aataagttgg	agtcattacc	caattatgat	13407
agaatttaca	agctataagg	ttattgtcct	gggtttcaag	cattagtcca	tgcaagtttt	13467
tatgctttgc	ccattctata	gatatatattga	taagcgcgct	gcctatgcct	tgccccctga	13527
aatccttaca	tacggcgata	tcttctatat	aaaagatata	ttatcttata	agtattgtca	13587
atatattcaa	ggcaatctgc	ctcctcatcc	tcttcacct	cttcgtcttg	gtagcttttt	13647
aaatatggcg	cttcatagag	taattctgta	aaggccaat	tctcgttttc	atacctcggt	13707
ataatcttac	ctatcacctc	aaatggttcg	ctgggtttat	cgcacccccg	aacacgagca	13767
cggcaccgcg	gaccactatg	ccaagaatgc	ccaaggtaaa	aattgccggc	cccgccatga	13827
agtcctgtaa	tgccccgacg	gccgaagtga	agggcaggcc	gccacccagg	ccgcccctct	13887
cactgcccgg	cacctggtcg	ctgaatgtcg	atgccagcac	ctgcggcacg	tcaatgcttc	13947
cgggcgtcgc	gctcgggctg	atcgcccatc	ccgttactgc	cccgatcccg	gcaatggcaa	14007
ggactgccag	cgctgccatt	tttgggggtga	ggcgttcgc	ggccgagggg	cgcagcccct	14067
ggggggatgg	gaggcccgcg	ttagcggggc	gggaggggtc	gagaaggggg	ggcaccccc	14127
ttcggcgtgc	gcggtcacgc	gcacagggcg	cagccctggt	taaaaacaag	gtttataaat	14187
attggtttaa	aagcaggtta	aaagacaggt	tagcgggtggc	cgaaaaacgg	gcggaaaccc	14247
ttgcaaatgc	tggattttct	gcctgtggac	agccccctca	atgtcaatag	gtgcgcccct	14307

131

catctgtcag	cactctgccc	ctcaagtgtc	aaggatcgcg	cccctcatct	gtcagtagtc	14367
gcgcccctca	agtgtcaata	ccgcagggca	cttatcccca	ggcttgtcca	catcatctgt	14427
gggaaactcg	cgtaaaatca	ggcgttttcg	ccgattttcg	aggctggcca	gtccacgctc	14487
gccggccgaa	atcgagcctg	cccctcatct	gtcaacgcgc	cgccgggtga	gtcggccctt	14547
caagtgtcaa	cgtccgcccc	tcatctgtca	gtgagggcca	agttttccgc	gaggtatcca	14607
caacgcggcg	ggccgcggtg	tctcgcacac	ggcttcgacg	gcgtttctgg	cgcgtttgca	14667
gggccataga	cgcccgccag	cccagcgcg	agggcaacca	gcccggtag	cgtcgcaaag	14727
gcgctcggtc	ttgccttgc	cgtcggtgat	gtacttcacc	agctccgcga	agtcgctctt	14787
cttgatggag	cgcattggga	cgtgcttggc	aatcacgcgc	acccccggc	cgtttttagcg	14847
gctaaaaaag	tcatggctct	gccctcgggc	ggaccacgcc	catcatgacc	ttgccaaagt	14907
cgctctgctt	ctcttcgata	ttcgccagca	gggcgaggat	cgtggcatca	ccgaaccgcg	14967
ccgtgcgcgg	gtcgtcggtg	agccagagtt	tcagcaggcc	gcccaggcgg	cccaggctcg	15027
cattgatgcg	ggccagctcg	cggacgtgct	catagtcac	gacgcccgtg	atttttagtc	15087
cctggccgac	ggccagcagg	taggcccaca	ggctcatgcc	ggccgcccgc	gccttttctt	15147
caatcgctct	tcgttcgtct	ggaaggcagt	acaccttgat	aggtgggctg	cccttcctgg	15207
ttggcttgg	ttcatcagcc	atccgcttgc	cctcatctgt	tacgccggcg	gtagccggcc	15267
agcctcgag	agcaggattc	ccgttgagca	ccgccagggt	cgaataaggg	acagtgaaga	15327
aggaacaccc	gtcgcgggt	gggcctactt	cacctatcct	gcccggctga	cgccgttgga	15387
tacaccaagg	aaagtctaca	cgaacccttt	ggcaaaatcc	tgtatatcgt	gcgaaaaagg	15447
atggatatac	cgaaaaaatc	gctataatga	ccccgaagca	gggttatgca	gcggaaaagc	15507
gccacgcttc	ccgaaggag	aaaggcgac	aggtatccgg	taagcggcag	ggtcgggaaca	15567
ggagagcgca	cgagggagct	tccaggggga	aacgcctgg	atctttatag	tcctgtcggg	15627
tttcgccacc	tctgacttga	gcgtcgattt	ttgtgatgct	cgtcaggggg	gcggagccta	15687
tggaaaaacg	ccagcaacgc	ggccttttta	cggttcctgg	ccttttgctg	gccttttgct	15747
cacatgttct	ttcctgcgtt	atcccctgat	tctgtggata	accgtattac	cgcttttgag	15807
tgagctgata	ccgctcgccg	cagccgaacg	accgagcgca	gcgagtcagt	gagcgaggaa	15867
gcggaagagc	gccagaaggc	cgccagagag	gccgagcgcg	gccgtgaggc	ttggacgcta	15927
gggcagggca	tgaaaaagcc	cgtagcgggc	tgctacgggc	gtctgacgcg	gtggaaaagg	15987
ggaggggatg	ttgtctacat	ggctctgctg	tagtgagtg	gttgcgctcc	ggcagcggtc	16047
ctgatcaatc	gtcacccttt	ctcggtcctt	caacgttcct	gacaacgagc	ctccttttcg	16107
ccaatccatc	gacaatcacc	gcgagtcctt	gctcgaacgc	tgcgctccgga	ccggcttcgt	16167
cgaaggcgtc	tatcgcggcc	cgcaacagcg	gcgagagcg	agcctgttca	acggtgccgc	16227
cgcgctcgcc	ggcatcgctg	tcgcccggcct	gctcctcaag	cacggcccca	acagtgaagt	16287
agctgattgt	catcagcgca	ttgacggcgt	ccccggccga	aaaaccgcgc	tcgcagagga	16347
agcgaagctg	cgcgtcggcc	gtttccatct	gcggtgcgc	cggtcgctg	ccggcatgga	16407
tgcgcgcgcc	atcgcggtag	gcgagcagcg	cctgcctgaa	gctgcgggca	ttcccgatca	16467
gaaatgagcg	ccagtcgtcg	tcggctctcg	gcaccgaatg	cgtatgattc	tcgccagca	16527
tggcttcggc	cagtgcgtcg	agcagcgccc	gcttggtcct	gaagtgccag	taaagcgccg	16587
gctgctgaac	ccccaacggt	tccgccagtt	tgctgtgctg	cagaccgtct	acgccgacct	16647
cgttcaacag	gtccaggggc	gcacggatca	ctgtattcgg	ctgcaacttt	gtcatgcttg	16707
acactttatc	actgataaac	ataatatgtc	caccaactta	tcagtataaa	agaatccgcg	16767
cgttcaatcg	gaccagcgga	ggctgggtccg	gaggccagac	gtgaaacca	acataccctt	16827
gatcgtaatt	ctgagcactg	tcgcgctcga	cgctgtcggc	atcgccctga	ttatgccggt	16887
gctgccgggc	ctcctgcgcg	atctggttca	ctcgaacgac	gtcaccgccc	actatggcat	16947
tctgctggcg	ctgtatgcgt	tgggtgcaatt	tgctgcgcga	cctgtgctgg	gcgcgctgtc	17007
ggatcgtttc	gggcggcgcc	caatcttgct	cgtctcgctg	gccggcgcca	gatac	17061

132

<210> 72

<211> 290

<212> PRT

<213> *Phaeodactylum tricornutum*, *Physcomitrella patens*, *Caenorhabditis elegans*

<400> 72

```

Met Glu Val Val Glu Arg Phe Tyr Gly Glu Leu Asp Gly Lys Val Ser
1          5          10          15
Gln Gly Val Asn Ala Leu Leu Gly Ser Phe Gly Val Glu Leu Thr Asp
          20          25          30
Thr Pro Thr Thr Lys Gly Leu Pro Leu Val Asp Ser Pro Thr Pro Ile
          35          40          45
Val Leu Gly Val Ser Val Tyr Leu Thr Ile Val Ile Gly Gly Leu Leu
          50          55          60
Trp Ile Lys Ala Arg Asp Leu Lys Pro Arg Ala Ser Glu Pro Phe Leu
65          70          75          80
Leu Gln Ala Leu Val Leu Val His Asn Leu Phe Cys Phe Ala Leu Ser
          85          90          95
Leu Tyr Met Cys Val Gly Ile Ala Tyr Gln Ala Ile Thr Trp Arg Tyr
          100          105          110
Ser Leu Trp Gly Asn Ala Tyr Asn Pro Lys His Lys Glu Met Ala Ile
          115          120          125
Leu Val Tyr Leu Phe Tyr Met Ser Lys Tyr Val Glu Phe Met Asp Thr
          130          135          140
Val Ile Met Ile Leu Lys Arg Ser Thr Arg Gln Ile Ser Phe Leu His
145          150          155          160
Val Tyr His His Ser Ser Ile Ser Leu Ile Trp Trp Ala Ile Ala His
          165          170          175
His Ala Pro Gly Gly Glu Ala Tyr Trp Ser Ala Ala Leu Asn Ser Gly
          180          185          190
Val His Val Leu Met Tyr Ala Tyr Tyr Phe Leu Ala Ala Cys Leu Arg
          195          200          205
Ser Ser Pro Lys Leu Lys Asn Lys Tyr Leu Phe Trp Gly Arg Tyr Leu
          210          215          220
Thr Gln Phe Gln Met Phe Gln Phe Met Leu Asn Leu Val Gln Ala Tyr
225          230          235          240
Tyr Asp Met Lys Thr Asn Ala Pro Tyr Pro Gln Trp Leu Ile Lys Ile
          245          250          255
Leu Phe Tyr Tyr Met Ile Ser Leu Leu Phe Leu Phe Gly Asn Phe Tyr
          260          265          270
Val Gln Lys Tyr Ile Lys Pro Ser Asp Gly Lys Gln Lys Gly Ala Lys
          275          280          285
Thr Glu
          290

```

133

<210> 73

<211> 282

<212> PRT

<213> *Phaeodactylum tricornutum*, *Physcomitrella patens*, *Caenorhabditis elegans*

<400> 73

```

Met Glu Asn Phe Trp Ser Ile Val Val Phe Phe Leu Leu Ser Ile Leu
1           5           10           15
Phe Ile Leu Tyr Asn Ile Ser Thr Val Cys His Tyr Tyr Met Arg Ile
20           25           30
Ser Phe Tyr Tyr Phe Thr Ile Leu Leu His Gly Met Glu Val Cys Val
35           40           45
Thr Met Ile Pro Ser Trp Leu Asn Gly Lys Gly Ala Asp Tyr Val Phe
50           55           60
His Ser Phe Phe Tyr Trp Cys Lys Trp Thr Gly Val His Thr Thr Val
65           70           75           80
Tyr Gly Tyr Glu Lys Thr Gln Val Glu Gly Pro Ala Val Val Ile Cys
85           90           95
Asn His Gln Ser Ser Leu Asp Ile Leu Ser Met Ala Ser Ile Trp Pro
100          105          110
Lys Asn Cys Val Val Met Met Lys Arg Ile Leu Ala Tyr Val Pro Phe
115          120          125
Phe Asn Leu Gly Ala Tyr Phe Ser Asn Thr Ile Phe Ile Asp Arg Tyr
130          135          140
Asn Arg Glu Arg Ala Met Ala Ser Val Asp Tyr Cys Ala Ser Glu Met
145          150          155          160
Lys Asn Arg Asn Leu Lys Leu Trp Val Phe Pro Glu Gly Thr Arg Asn
165          170          175
Arg Glu Gly Gly Phe Ile Pro Phe Lys Lys Gly Ala Phe Asn Ile Ala
180          185          190
Val Arg Ala Gln Ile Pro Ile Ile Pro Val Val Phe Ser Asp Tyr Arg
195          200          205
Asp Phe Tyr Ser Lys Pro Gly Arg Tyr Phe Lys Asn Asp Gly Glu Val
210          215          220
Val Ile Arg Val Leu Asp Ala Ile Pro Thr Lys Gly Leu Thr Leu Asp
225          230          235          240
Asp Val Ser Glu Leu Ser Asp Met Cys Arg Asp Val Met Leu Ala Ala
245          250          255
Tyr Lys Glu Val Thr Leu Glu Ala Gln Gln Arg Asn Ala Thr Arg Arg
260          265          270
Gly Glu Thr Lys Asp Gly Lys Lys Ser Glu
275          280

```

<210> 74

134

<211> 477

<212> PRT

<213> *Phaeodactylum tricornutum*, *Physcomitrella patens*, *Caenorhabditis elegans*

<400> 74

```

Met Gly Lys Gly Gly Asp Ala Arg Ala Ser Lys Gly Ser Thr Ala Ala
1          5          10          15
Arg Lys Ile Ser Trp Gln Glu Val Lys Thr His Ala Ser Pro Glu Asp
          20          25          30
Ala Trp Ile Ile His Ser Asn Lys Val Tyr Asp Val Ser Asn Trp His
          35          40          45
Glu His Pro Gly Gly Ala Val Ile Phe Thr His Ala Gly Asp Asp Met
          50          55          60
Thr Asp Ile Phe Ala Ala Phe His Ala Pro Gly Ser Gln Ser Leu Met
65          70          75          80
Lys Lys Phe Tyr Ile Gly Glu Leu Leu Pro Glu Thr Thr Gly Lys Glu
          85          90          95
Pro Gln Gln Ile Ala Phe Glu Lys Gly Tyr Arg Asp Leu Arg Ser Lys
          100          105          110
Leu Ile Met Met Gly Met Phe Lys Ser Asn Lys Trp Phe Tyr Val Tyr
          115          120          125
Lys Cys Leu Ser Asn Met Ala Ile Trp Ala Ala Ala Cys Ala Leu Val
          130          135          140
Phe Tyr Ser Asp Arg Phe Trp Val His Leu Ala Ser Ala Val Met Leu
145          150          155          160
Gly Thr Phe Phe Gln Gln Ser Gly Trp Leu Ala His Asp Phe Leu His
          165          170          175
His Gln Val Phe Thr Lys Arg Lys His Gly Asp Leu Gly Gly Leu Phe
          180          185          190
Trp Gly Asn Leu Met Gln Gly Tyr Ser Val Gln Trp Trp Lys Asn Lys
          195          200          205
His Asn Gly His His Ala Val Pro Asn Leu His Cys Ser Ser Ala Val
          210          215          220
Ala Gln Asp Gly Asp Pro Asp Ile Asp Thr Met Pro Leu Leu Ala Trp
225          230          235          240
Ser Val Gln Gln Ala Gln Ser Tyr Arg Glu Leu Gln Ala Asp Gly Lys
          245          250          255
Asp Ser Gly Leu Val Lys Phe Met Ile Arg Asn Gln Ser Tyr Phe Tyr
          260          265          270
Phe Pro Ile Leu Leu Leu Ala Arg Leu Ser Trp Leu Asn Glu Ser Phe
          275          280          285
Lys Cys Ala Phe Gly Leu Gly Ala Ala Ser Glu Asn Ala Ala Leu Glu
          290          295          300
Leu Lys Ala Lys Gly Leu Gln Tyr Pro Leu Leu Glu Lys Ala Gly Ile
305          310          315          320
Leu Leu His Tyr Ala Trp Met Leu Thr Val Ser Ser Gly Phe Gly Arg

```

135

				325						330						335
Phe	Ser	Phe	Ala	Tyr	Thr	Ala	Phe	Tyr	Phe	Leu	Thr	Ala	Thr	Ala	Ser	
			340						345					350		
Cys	Gly	Phe	Leu	Leu	Ala	Ile	Val	Phe	Gly	Leu	Gly	His	Asn	Gly	Met	
		355					360					365				
Ala	Thr	Tyr	Asn	Ala	Asp	Ala	Arg	Pro	Asp	Phe	Trp	Lys	Leu	Gln	Val	
	370					375					380					
Thr	Thr	Thr	Arg	Asn	Val	Thr	Gly	Gly	His	Gly	Phe	Pro	Gln	Ala	Phe	
385					390					395				400		
Val	Asp	Trp	Phe	Cys	Gly	Gly	Leu	Gln	Tyr	Gln	Val	Asp	His	His	Leu	
			405						410				415			
Phe	Pro	Ser	Leu	Pro	Arg	His	Asn	Leu	Ala	Lys	Thr	His	Ala	Leu	Val	
			420					425					430			
Glu	Ser	Phe	Cys	Lys	Glu	Trp	Gly	Val	Gln	Tyr	His	Glu	Ala	Asp	Leu	
		435					440					445				
Val	Asp	Gly	Thr	Met	Glu	Val	Leu	His	His	Leu	Gly	Ser	Val	Ala	Gly	
	450					455					460					
Glu	Phe	Val	Val	Asp	Phe	Val	Arg	Asp	Gly	Pro	Ala	Met				
465					470					475						